



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULAS DE PRODUÇÃO EM PROCESSOS
CONSTRUTIVOS DE EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE**

FLÁVIO ANTÔNIO PATTUSSI

**FLORIANÓPOLIS - SC
2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

FLÁVIO ANTÔNIO PATTUSSI

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULAS DE PRODUÇÃO EM PROCESSOS
CONSTRUTIVOS DE EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck

**Florianópolis
2006**

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA DE PRODUÇÃO EM PROCESSOS
CONSTRUTIVOS DE EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE**

FLÁVIO ANTÔNIO PATTUSSI

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Florianópolis, 31 de julho de 2006

Prof. Glicério Trichês, Dr. - Coordenador do PPGEC

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck, Ph.D. - Orientador - UFSC

Prof. Antonio Edésio Jungles, Dr.- Examinador Interno - UFSC

Prof. Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.- Examinador Interno - UFSC

Prof. Aguinaldo dos Santos, Ph.D. - Examinador Externo - UFPR

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Fernando Mählmann Heineck, exemplo de pesquisador, pela orientação deste trabalho, pela oportunidade de compartilhar do seu conhecimento e permitir meu crescimento profissional e pessoal.

Ao professor Antônio Edésio Jungles pelo apoio e estímulo para a superação das dificuldades encontradas durante os momentos difíceis deste mestrado.

À Universidade Comunitária Regional de Chapecó, especialmente na pessoa do professor Cláudio Jacoski, pela iniciativa em viabilizar este curso.

À professora Débora de Góis dos Santos, pelos questionamentos e contribuições durante a fase inicial desta pesquisa.

Ao meu filho Otávio pela grande ajuda na edição de fotos e figuras, que contribuiu para a melhora da qualidade deste trabalho.

Ao irmão Marcos, pela disponibilidade em ajudar a formatar e corrigir o trabalho nos momentos finais, e pelo incentivo para prosseguir em frente.

À minha esposa Denize pelo amor, compreensão, suporte emocional e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O conceito de células de produção tem sido aplicado na indústria de manufatura com o objetivo, entre outros, de simplificar o planejamento, diminuir o tempo de produção e aumentar a produtividade, melhorando a satisfação dos trabalhadores. Este trabalho mostra os resultados da implantação do arranjo celular usando a metodologia do estudo de caso em uma obra de edifício comercial, executado por empresa de pequeno porte no interior do estado de Santa Catarina. O objetivo do estudo foi aplicar o conceito de célula de trabalho, visando verificar a sua viabilidade em pequenas obras. Identificaram-se durante a implantação vários princípios da produção enxuta, no qual o conceito de célula de produção está inserido. Os resultados do estudo revelaram a grande capacidade dos operários em conduzir os processos de produção, desde que possuam as habilidades e a informação necessária para realizar as tarefas. Estes trabalhadores devem ser motivados para trabalhar em equipe e com autonomia para inovar e conduzir da melhor maneira a execução dos serviços. A produtividade alcançada superou a previsão de tempos de execução adotada pela empresa, tornando viável a execução de pequenas obras através do modelo de células de produção.

ABSTRACT

The concept of manufacturing cells has been applied in the manufacturing industry with the objective of simplifying the planning, to reduce the time of production to increase the productivity and to improve the workers' satisfaction. This work shows the results of the implementation of a cellular arrangement, using the case study methodology in a construction site of a commercial building under construction by a small scale company in the heart of the state of Santa Catarina. The objective of the study was to apply the concept of production cell, seeking to verify its viability in small building works. This study identified the implementation of several principles of lean production, in which the concept of the production cell is inserted. The results of the study revealed a great capacity of the workers to direct the production processes, since provided they possess the abilities and the necessary information to accomplish the work. These workers should be motivated to work in teams and with autonomy to innovate and to direct the execution of the tasks in the best possible way. The productivity achieved surpassed the execution time forecasts adopted by the company, making viable the execution of small works through the model of production cells.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Princípios e ferramentas da Produção Enxuta	17
FIGURA 2: Modelo de processo tradicional.....	19
FIGURA 3: Conceito do processo de construção enxuta	20
FIGURA 4: Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	23
FIGURA 5: A essência do kaizen.	26
FIGURA 6: Blocos de construção para efetividade da célula real.	28
FIGURA 7: Modelo seqüencial de planejamento de células.....	31
FIGURA 8: Modelo de gráfico dos indicadores de parada	40
FIGURA 9: Método de pesquisa	41
FIGURA 10: Localização da célula 1 dentro do pavimento térreo	43
FIGURA 11: Detalhes da célula 1	44
FIGURA 12: Organograma da empresa	58
FIGURA 13: Gráfico dos indicadores de parada.....	82

LISTA DE FOTOS

FOTO 1: Vista lateral esquerda da célula 1 vendo-se à esquerda o pilar P38, ao centro o pilar P36 e ao fundo os pilares P35 e 41.....	44
FOTO 2: Vista lateral direita da célula 1, vendo-se à esquerda os pilares P29 e P28 e à direita os vãos das portas dos banheiros.....	45
FOTO 3: Indicação do limite entre a célula 1 e o restante do pavimento	45
FOTO 4: Formas e escoramentos da viga V223 e abaixo, mureta de alvenaria.....	46
FOTO 5: Treinamento dos operários no local da célula.....	50
FOTO 6: Detalhe de equipamento improvisado utilizado para eliminar a tarefa de aprumar os cantos da parede em cada fiada.....	63
FOTO 7: Detalhe da alvenaria sendo executada com o auxílio das linhas-guia aprumadas para eliminar a atividade de colocar o prumo a cada fiada	63
FOTO 8: Detalhe da fixação das linhas-guia na laje com prego de aço.....	64
FOTO 9: Detalhe da alvenaria de tijolos maciços pronta e chapiscada, serviço executado no primeiro dia.	65
FOTO 10: Detalhe da régua de 4,70m de comprimento e das taliscas.....	68
FOTO 11: Servente 2 ajudando o profissional 1 a montar as réguas na viga.....	69
FOTO 12: Profissional 1 lançando argamassa na viga.....	69
FOTO 13: Profissional 2 desempenando reboco de pilar.....	70
FOTO 14: Profissional 1 taqueando a viga com auxílio do servente 2	70
FOTO 15: Servente 1 executando o lançamento de argamassa de reboco.....	72
FOTO 16: Serventes desempenando reboco e aplicando argamassa	73
FOTO 17: Profissional 2 aplicando argamassa colante no painel de concreto	75
FOTO 18: Detalhe do painel em concreto com o arremate de argamassa colante, vendo-se à direita contraste com a superfície bruta.	76
FOTO 19: Detalhe do sarrafeamento do contrapiso.....	77
FOTO 20: Vista central da célula concluída	100
FOTO 21: Vista lateral da célula concluída	100
FOTO 22: Contraste da célula pronta e área sem acabamento.....	100

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Ligações e exemplos de habilitadores (características que viabilizam o arranjo celular).....	29
QUADRO 2: Decisões necessárias para a implantação de projeto celular	32
QUADRO 3: Questionário aplicado aos estagiários e operadores da célula.....	40
QUADRO 4: Dados dos operários da célula 1	48
QUADRO 5: Diagrama de sequência sugerido	49
QUADRO 6: Ordem de serviço	51
QUADRO 7: Discriminação das tarefas da célula e preço de cada item.	54
QUADRO 8: Discriminação das tarefas da célula e duração dos serviços baseada na TCPO.	54
QUADRO 9: Discriminação das horas a serem trabalhadas na execução da célula, segundo estimativa da empresa.....	55
QUADRO 10: Simbologia empregada para a elaboração de fluxo de processos	60
QUADRO 11: Diagrama das atividades executadas no primeiro dia e sequência de cada operário	61
QUADRO 12: Discriminação do custo da equipe durante a execução da célula.....	78
QUADRO 13: Resultados obtidos com a implantação da célula	78
QUADRO 14: Diagrama de sequência realizado e previsto	80
QUADRO 15: Descrição das paradas	81
QUADRO 16: Entrevistas	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONTEXTO.....	9
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 VISÃO GERAL DO MÉTODO DE PESQUISA	12
1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 CONTEXTO.....	14
2.2 CONCEITOS DA LEAN PRODUCTION.....	15
2.3 VANTAGENS COMPETITIVAS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	17
2.4 MODELO TRADICIONAL DE PROCESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.5 MODELO DE PROCESSO NA CONSTRUÇÃO ENXUTA	20
2.6 O MODELO DE GUINATO PARA O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO, ADAPTÁVEL PARA O SISTEMA DE CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	22
2.6.1 PRIMEIRO PILAR: <i>JUST-IN-TIME</i>	23
2.6.2 SEGUNDO PILAR: JIDOKA.....	24
2.6.3 A BASE: <i>KAIZEN</i> , OPERAÇÕES PADRONIZADAS E ESTABILIDADE	25
2.7 CÉLULAS DE PRODUÇÃO	26
2.7.1 BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE CÉLULAS DE MANUFATURA	30
2.7.2 O PROJETO DE ARRANJO CELULAR.....	31
2.7.3 O PROJETO DO GRUPO DE TRABALHO E OS ASPECTOS SÓCIO-TÉCNICOS.....	33
2.7.4 APLICAÇÕES DO CONCEITO DE CÉLULAS DE PRODUÇÃO EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	35
2.8 RESUMO	36
3 MÉTODO DE PESQUISA	37
3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	37
3.1.1 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE E VALIDAÇÃO	37
3.1.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	39
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	41
3.3 DESCRIÇÃO DA OBRA.....	41
3.4 CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO LOCAL OBJETO DO ESTUDO	42
3.5 CARACTERÍSTICAS DOS OPERADORES E FORMA DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	46
3.6 TREINAMENTO	48
3.7 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA CÉLULA, FORMA DE REMUNERAÇÃO E PRAZO DE CONCLUSÃO.....	51
3.8 RESUMO	55
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	57
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	57
4.2 DESENVOLVIMENTO.....	59
4.2.1 ANÁLISE DOS ASPECTOS QUE CARACTERIZAM A CÉLULA	66

4.2.1.1 Características que interagiram em termos de tempo e influenciaram o desempenho da célula segundo o modelo de Hyer e Brown (1999)	66
4.2.1.2 Características que interagiram com o espaço e influenciaram o desempenho da célula segundo o modelo de Hyer e Brown (1999)	71
4.2.1.3 Características que interagiram com a informação e influenciaram o desempenho da célula segundo o modelo de Hyer e Brown (1999)	72
4.3 RESULTADOS RELATIVOS AO PRAZO E CUSTO, À SEQUÊNCIA E AO NÚMERO DE PARADAS	78
4.3.1 RESULTADOS RELATIVOS AO PRAZO E CUSTO	78
4.3.2 RESULTADOS ENCONTRADOS EM RELAÇÃO À SEQUÊNCIA E AO NÚMERO DE PARADAS ...	79
4.4 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS	83
5 CONCLUSÕES	86
5.1 O PLANEJAMENTO PARA OBRAS DE PEQUENO PORTE	86
5.2 AS EQUIPES E OS ASPECTOS RELATIVOS À AUTONOMIA E POLIVALÊNCIA	87
5.3 A DELEGAÇÃO DAS DECISÕES AOS EXECUTORES	88
5.4 CONSEQUÊNCIAS QUANTO A PRAZOS, CUSTOS E QUALIDADE	88
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
5.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	91
REFERÊNCIAS	92
ANEXOS	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

As dificuldades encontradas pelas empresas de construção civil para permanecerem no mercado de maneira competitiva nos dias de hoje, corroboram a opinião de Cardoso (1996) emitida há uma década atrás. Isto ocorre devido à escassez de recursos para financiamentos habitacionais, devido à redução do poder aquisitivo da população, à grande competitividade do setor e também devido à alta taxa de informalidade, vinculada a obtenção de preços mais baixos, principalmente em cidades do interior, onde este é o principal condicionante para a aquisição de imóveis. Todos estes fatores fazem com que as empresas do setor de edificações encontrem grandes dificuldades para manter-se no mercado de maneira rentável (CARDOSO, 1996).

Devido a estes motivos, torna-se imprescindível o uso de ferramentas gerenciais eficazes, o que não é usualmente utilizado pelas empresas de pequeno porte. Entre outros, o objetivo das referidas técnicas é o de controlar, reduzir e prever os custos a serem despendidos nas obras a serem executadas.

A implantação de princípios e ferramentas utilizados atualmente pela indústria automobilística na construção civil baseia-se na adaptação para este contexto dos conceitos da Produção Enxuta, expressão definida por John Krafick, pesquisador do *International Motor Vehicle Program*. O nome enxuta está associado ao fator de utilizar metade do esforço, metade do espaço, metade das ferramentas, metade das horas de planejamento, metade dos estoques e por produzir uma grande variedade de produtos (WOMACK, 1992).

O termo Produção Enxuta, segundo Miranda et al. (2003), baseia-se na filosofia implementada por Taichi Ohno, na Toyota Motor System, com o objetivo de enfrentar e vencer as dificuldades do setor automobilístico do Japão no pós-guerra, denominado Sistema Toyota de Produção (STP). De acordo com Miranda et al. (2003), o STP está baseado em dois pilares que sustentam a teoria: o *Just-In-Time* (JIT) e a Autonomia que significa automação com toque humano ou *JIDOKA* em japonês.

Este trabalho aborda a aplicação dos princípios do segundo pilar - Autonomia - na constituição de células de produção em obras de edificações de pequeno porte.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na indústria automobilística japonesa, especificamente na Toyota Motor Co. na década de 70, a produção enxuta foi responsável por índices de produtividade e competitividade surpreendentes, com muitas vantagens em relação ao tradicional modelo ocidental (PANTALEÃO et al. 2003).

A aplicação de princípios e ferramentas do pensamento enxuto (*Lean Thinking*) a empresas de construção tem sido utilizada há mais de uma década, tendo como referência os trabalhos de vários autores (KOSKELLA, 1992; BALLARD, 2000; ISATTO et al. 2000; AKKARI, 2003) que desenvolveram ferramentas baseadas principalmente no *Last planner* para a programação e desenvolvimento de fluxo contínuo e produção puxada.

A utilização dos conceitos da *lean construction*, insere-se como uma alternativa racional e eficaz para o planejamento e controle da produção das empresas de construção civil, surgindo como um novo paradigma, o da construção enxuta, que preconiza a otimização dos processos, principalmente com a redução dos tempos de ciclo, eliminação de atividades que não agregam valor, redução do tempo das atividades de transporte, espera e inspeção, devendo, para isso, serem reduzidos os estoques antecipados, tanto de serviços quanto de materiais, que estarão presentes somente no momento e local certos.

A maior parte dos estudos acadêmicos foi realizada em grandes obras de empresas com estrutura complexa, com departamentos especificamente voltados para o PCP (planejamento e controle da produção), que elaboram o planejamento na fase de projeto e executam o controle do que foi previsto no decorrer da obra, refazendo o planejamento tático de acordo com a variabilidade que vai acontecendo nos horizontes de médio e curto prazo, conforme o modelo de Planejamento e Controle da Produção proposto pelo NORIE/UFRGS (FORMOSO et al., 1998).

O planejamento de obras tem sido desenvolvido por empresas com estrutura organizacional complexa, o que demanda recursos de pessoal e equipamentos a fim de prever, acompanhar e atualizar a programação previamente determinada. Com o objetivo de reduzir custos, simplificar o planejamento e controle da produção e melhorar a logística em pequenas empresas que se dedicam à execução de obras rápidas é importante a sistematização de procedimentos que permitam uma atividade autônoma por parte de equipes polivalentes, delegando a atividade de planejamento de curto prazo aos líderes destas equipes, passando a

empresa a executar somente atividades de coordenação, conforme proposto por Heineck (2005).

Desta forma, existe a necessidade de verificar o que acontece quando os paradigmas da produção de obras forem mudados com a implantação de conceitos e princípios da produção enxuta e do conceito de células de produção em pequenas empresas de construção.

Resta ao meio acadêmico, a disseminação destes princípios no setor da construção civil, mostrando aos empresários que é possível reduzir os riscos desta atividade, planejando e controlando as obras com eficácia e previsibilidade.

Este trabalho focaliza a execução de pequenas obras e visa responder questões como:

- É possível efetuar o planejamento em células autônomas em obras de grande variabilidade, como as obras rápidas, de pequeno porte?
- É viável a utilização de equipes polivalentes e autônomas para a execução de atividades em células de trabalho?
- Qual a carga gerencial para coordenar os trabalhos da célula; até que ponto é possível delegar decisões aos executores das tarefas?
- Quais as conseqüências do uso de células de produção em obras executadas por empresas de pequeno porte quanto a prazos, custos e qualidade?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é estudar a aplicação do conceito de células de produção em empresas de pequeno porte e verificar a sua viabilidade.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais dificuldades para a implantação de células de produção no ambiente das pequenas obras de construção;
- Identificar os fatores que propiciam um aumento na qualidade e produtividade em obras pequenas, rápidas e executadas por uma empresa construtora de pequeno porte utilizando o conceito de células de produção.

1.4 VISÃO GERAL DO MÉTODO DE PESQUISA

O presente estudo foi realizado utilizando o método de pesquisa estudo de caso exploratório, realizado em uma pequena obra de edifício comercial executado por uma construtora de pequeno porte no mês de abril de 2006. Foi realizado treinamento dos operários em conceitos da produção enxuta e do trabalho em ambiente de célula de produção.

O estudo de caso aconteceu durante um período de 8 dias quando foi implantado o arranjo celular em um local específico da obra com o objetivo de executar um lote de produção e verificar a viabilidade e as dificuldades da implantação do conceito de célula de produção.

Durante este período foram coletados dados e as evidências foram obtidas através da observação direta, fotos, diagrama de seqüência e levantamentos de produtividade que foram comparados com indicadores utilizados normalmente pelas empresas de construção civil.

1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo de caso, devido a limitações de tempo, recursos e oportunidades, não contemplou a preparação em termos de utilização de ferramentas que facilitassem o trabalho dos operadores melhorando a ergonomia dos postos de trabalho, assim como o tempo e os recursos utilizados para o treinamento foram reduzidos, o que limitou o desempenho da

equipe de operadores da célula implementada.

A aplicação do conceito de célula de manufatura foi realizada em sistema convencional de execução de obras, em processos construtivos normalmente utilizados em pequenas empresas de construção. Neste ambiente supõe-se que não seja fundamental o envolvimento de questões sofisticadas como a comunicação cliente/fornecedor, a comunicação visual, a agilidade do setup do posto de trabalho e a qualidade do projeto, que tornariam o estudo mais completo, conforme proposto por Moser (2003).

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos que abordam os assuntos descritos a seguir:

O capítulo 1 consiste na introdução, sendo apresentados o contexto atual, a justificativa, os objetivos gerais e os específicos.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, abrangendo o contexto, conceitos da *lean production*, modelos tradicional de processo e da construção enxuta, modelo do Sistema Toyota de Produção e características e metodologias de implantação de células de produção.

No capítulo 3 está descrita a metodologia utilizada para a pesquisa.

O capítulo 4 apresenta o desenvolvimento, a interpretação dos dados coletados no estudo de caso e os resultados obtidos com a implantação da célula de produção na etapa da obra objeto deste estudo, com o objetivo de se obter conclusões a respeito do tema escolhido.

No capítulo 5 apresentam-se as conclusões obtidas na pesquisa, as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTEXTO

O setor da indústria da construção civil brasileira tem sofrido profundas modificações nos últimos anos. A queda do poder aquisitivo da população, juntamente com a escassez de recursos governamentais para financiar a habitação, tem provocado um acirramento na disputa pelo mercado da construção, aumentando as dificuldades gerenciais das empresas construtoras.

A baixa lucratividade das empresas, somada ao aumento das exigências do público consumidor, por produtos com maior qualidade e menores preços, fizeram com que as empresas procurassem métodos de racionalização e otimização da produção e sistemas gerenciais que possibilitassem a sua sobrevivência.

Primeiramente, tentou-se aplicar os sistemas de gestão da qualidade total (TQM) utilizados em outros setores da indústria, objetivando um controle maior dos seus processos e a obtenção de certificação nas normas da série ISO 9000. Esta certificação foi utilizada também como estratégia de marketing pelas empresas, por pressões do mercado, que exige modernização e qualidade. Estas empresas, segundo Vargas (2000) que priorizarem os investimentos em qualidade e propaganda deste diferencial, esperando que os resultados venham naturalmente, podem ter os seus custos aumentados sem um desempenho compatível com o aumento da qualidade. Vargas (2000) compara o desempenho de duas empresas com focos diferentes em qualidade e custos, verificando que a empresa que focou a prioridade da implantação do sistema de qualidade nos resultados econômicos obteve resultados excelentes nos dois aspectos, enquanto a outra teve sérias dificuldades financeiras ao demandar dedicação exclusiva com a qualidade e esperar o retorno com o investimento em marketing.

A partir dos anos 90, vem sendo desenvolvido um novo paradigma no setor, baseado em conceitos e princípios originados das áreas de gestão da produção de indústrias automobilísticas. Iniciou no Japão baseado no Sistema Toyota de Produção, desenvolvido nos anos 50 por Shigeo Shingo e Taichi Ohno. Diante das dificuldades do Japão da época como mão de obra cara, economia devastada pela guerra, concorrência externa, mercado interno limitado e com demanda por vários tipos de veículos, as empresas tiveram de desenvolver um

método para produzir pequenas quantidades de vários modelos de carros, sem aumentar o custo do produto (PANTALEÃO et al. 2003).

O estudo para a aplicação destes princípios e conceitos teve como um dos precursores Koskela (1992) que estudou a adaptação para a construção civil através do trabalho “*Application of the New Production Philosophy to the Construction Industry*”, quando foi fundado o Grupo Internacional pela Lean Construction (IGLC), com o objetivo de estudar e difundir esta nova filosofia.

2.2 CONCEITOS DA LEAN PRODUCTION

Os princípios da filosofia da *Lean Production* basearam-se inicialmente, em duas filosofias básicas: O JIT (*Just in Time*) e o TQM (*Total Quality Management*). O primeiro tem como objetivo a chegada das peças à linha de montagem somente no instante e na quantidade necessária, ou seja, sem estoque e fazer qualidade a montante (*upstream*) para garantir que tudo chegue em ordem no final do processo ou fluxo (*downstream*). O segundo refere-se à utilização de sistemas de gestão da qualidade, com o objetivo de controlar seus processos produtivos e de padronizar os procedimentos.

Segundo Shingo (1996) “é um sistema que visa à eliminação de perdas, entendendo-se perdas como a utilização de quaisquer recursos na quantidade acima da mínima necessária para obter a satisfação dos clientes”. Para Shingo (1996) e Ohno (1997) existem 7 tipos de perdas em processos industriais:

- a) por superprodução: quando os itens são produzidos antes de serem solicitados, gerando estoques desnecessários ou em quantidade excessiva;
- b) por espera: acontecem quando um lote espera enquanto o anterior é processado, e quando uma peça é processada enquanto as outras permanecem esperando;
- c) por transporte: a movimentação de materiais ou produtos gera custo e não agrega valor;
- d) por processamento: são perdas relacionadas a partes do processamento que não agregam valor e que podem ser eliminadas sem afetar a qualidade do produto;

- e) por estoque: os estoques podem ser reduzidos, segundo Shingo (1996), através da produção em pequenos lotes, através da redução do tempo de ciclo de produção e redução do tempo de setup, entre outras;
- f) por movimento: os movimentos realizados pelos trabalhadores e que não são necessários para a realização das atividades;
- g) por produtos defeituosos: a produção de produtos defeituosos deve ser evitada através das inspeções efetivas, auto-inspeção e verificações de qualidade mais frequentes.

Womack et al. (1996) definiram a expressão pensamento enxuto (*lean thinking*) como sendo uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar estas atividades sem interrupção toda a vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz - fazer cada vez mais qualidade, rapidez e variedade com cada vez menos custos.

São princípios que norteiam este paradigma de produção, de acordo com o pensamento de Womack et al. (1996):

- Valor: especificar e adicionar valor sob a ótica do cliente interno e externo;
- Cadeia de valor: identificar a cadeia de valor de todo o processo e remover os desperdícios e atividades que não agregam valor;
- Fluxo: fazer o produto fluir sem estoques ou paradas e eliminar movimentos e transportes desnecessários;
- Produção puxada: produzir a quantidade e na hora certa solicitada pela demanda, deixar o cliente puxar e eliminar estoques desnecessários;
- Perfeição: procurar a perfeição com a participação de todos e identificar as causas dos problemas.

Pasqualini (2005), baseado no modelo de Guinato (2000), elaborou um diagrama representado na figura 1, mostrando a interação entre os princípios e ferramentas descritos acima por Womack, concluindo que, para chegar ao topo (valor), é necessário haver um processo puxado e em fluxo (pilares da produção puxada e do fluxo), tendo como embasamento a perfeição e a caracterização da cadeia de valor.

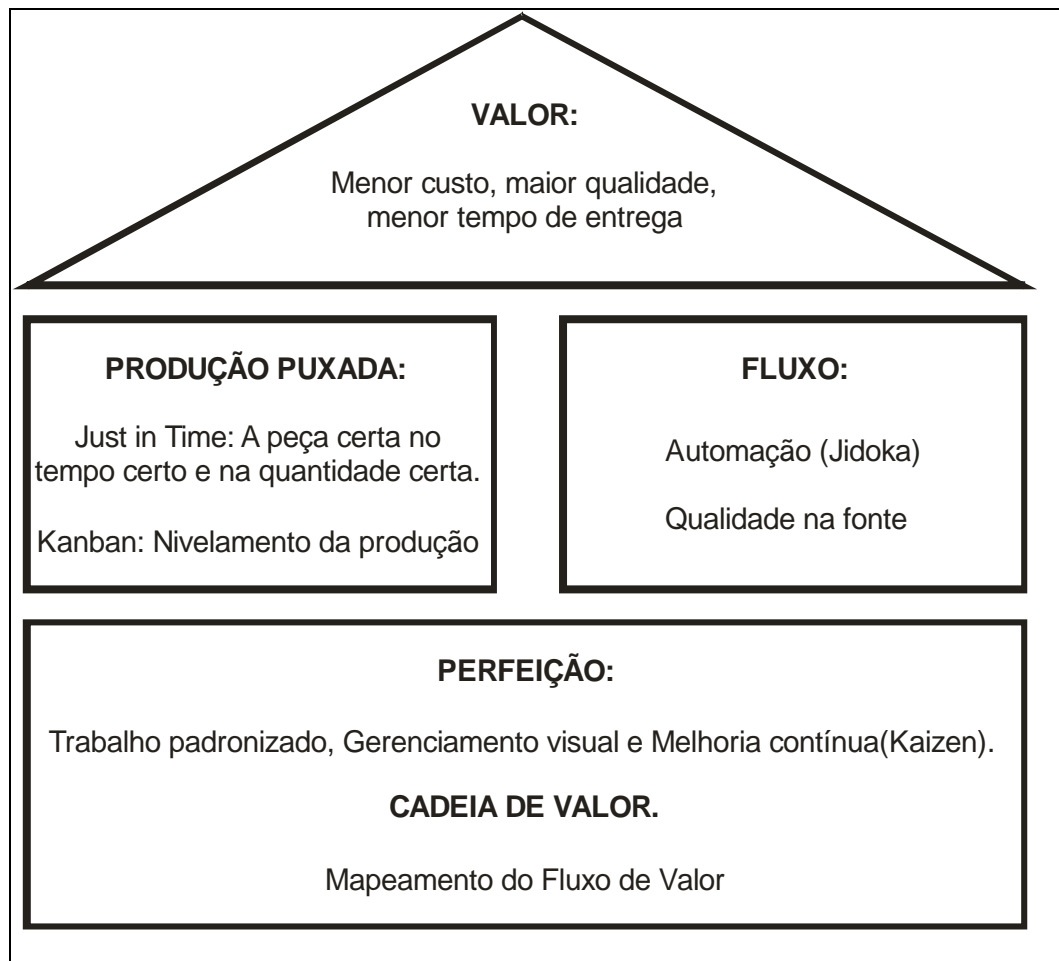


FIGURA 1: Princípios e ferramentas da Produção Enxuta
Fonte: Pasqualini (2005)

Verifica-se que os autores citados procuram descrever e definir a filosofia da produção enxuta como sendo a maneira de produzir valor através da redução das perdas, idealizada a partir do Sistema Toyota de Produção, que proporcionou um aumento expressivo da produtividade na indústria de manufatura. Os princípios citados baseiam-se nos dois pilares do STP: Just in time e Jidoka. De acordo com Picchi (2003), estes princípios podem ser adaptados à construção civil, com resultados promissores nas fases de projeto e construção.

2.3 VANTAGENS COMPETITIVAS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Segundo Pantaleão et al. (2003), a necessidade do Japão produzir séries pequenas de muitos produtos fez com que o Sistema Toyota de Produção atingisse altos níveis de

produtividade e qualidade, diferenciando-se particularmente neste requisito, dos modelos baseados no Fordismo.

Fujimoto (*apud* PANTALEÃO et al. 2003) apresenta um conjunto de práticas e técnicas de Gestão da Produção que permitiram a Toyota alcançar vantagens competitivas:

- redução de perdas (muda), balanceamento do fluxo de produção (mura), e diminuição da carga de trabalho (muri);
- redução de estoques (Kanban);
- nivelamento do volume de produção e do mix de produtos;
- redução dos tempos de preparação e dos tamanhos de lote;
- lote unitário de transferência entre máquinas;
- trabalhadores e tarefas multifuncionais em um Layout celular;
- detecção de defeitos e parada automática de máquinas (poka-yoke);
- resposta em tempo real aos problemas de produção;
- inspeção direta feita pelos trabalhadores;
- limpeza, ordem e disciplina no local de trabalho;
- gerenciamento visual;
- padronização para melhoria da qualidade;
- atuação dos trabalhadores na manutenção produtiva (TPM).

Este conjunto de diretrizes e técnicas norteou o desenvolvimento deste trabalho, pelo fato de representarem a essência da produção enxuta, onde a utilização das células de produção procura implementá-las em um lote pequeno com espaço reduzido, onde as atividades são executadas na seqüência ideal a fim de evitar perdas e conseqüentemente aumentar a produtividade.

Para que as perdas sejam reduzidas, o produto deve seguir em um fluxo contínuo com nivelamento da produção. Os operadores são treinados em várias funções dentro das habilidades e limitações possíveis, permitindo que o trabalho se desenvolva sem paradas desnecessárias. A autonomia da equipe de produção, requisito indispensável para o bom desempenho do arranjo celular, implica na responsabilidade do grupo pela qualidade do produto final. Também a compensação financeira advinda dos ganhos obtidos, influencia o

desempenho dos operadores e o aumento da produtividade.

2.4 MODELO TRADICIONAL DE PROCESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O modelo tradicional da construção civil designa a produção como sendo a transformação de *input* (insumos) em *output* (produtos), denominado modelo de conversão, conforme a figura 2.

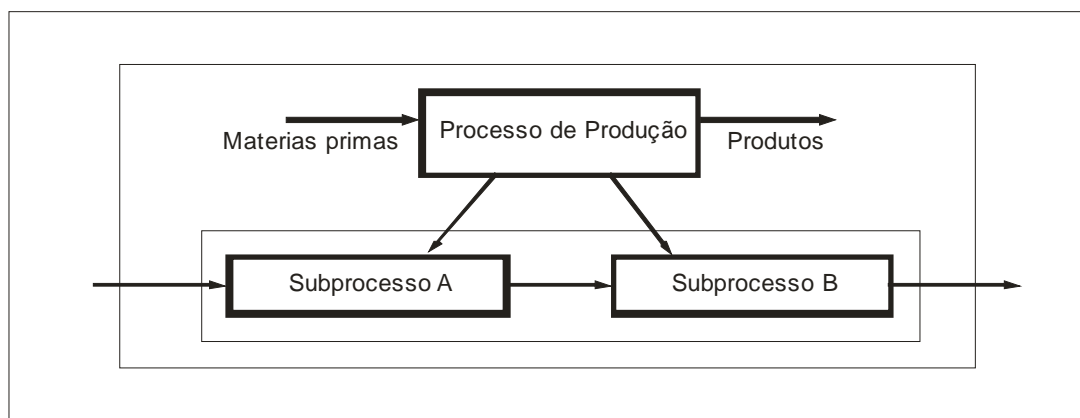


FIGURA 2: Modelo de processo tradicional
Fonte: Isatto et al. (2000).

A redução do custo total se dá pela diminuição dos custos de cada sub-processo isoladamente. O valor do produto é associado aos custos dos seus insumos. Este modelo apresenta deficiências tais como:

- a) A não consideração de custos de atividades que não agregam valor como transporte, esperas e retrabalhos. O controle da produção e melhorias é aplicado em sub-processos individuais e não em um sistema global. Pode-se tentar melhorar o processo com inovações tecnológicas, mas sem reduzir as perdas por transporte e espera, o que pode gerar uma melhora mínima.
- b) A não consideração dos requisitos dos clientes pode permitir a produção de produtos com alto custo, desnecessariamente.

2.5 MODELO DE PROCESSO NA CONSTRUÇÃO ENXUTA

O processo consiste em um fluxo de materiais da matéria-prima ao produto final, passando pelas atividades de transporte, espera, conversão e inspeção (ISATTO, 2000; KOSKELLA, 1992) conforme a figura 3.

Um processo somente agrega valor quando satisfaz os requisitos dos clientes internos e externos, sendo que o fluxo de trabalho representa as operações executadas pelas equipes no canteiro de obras.

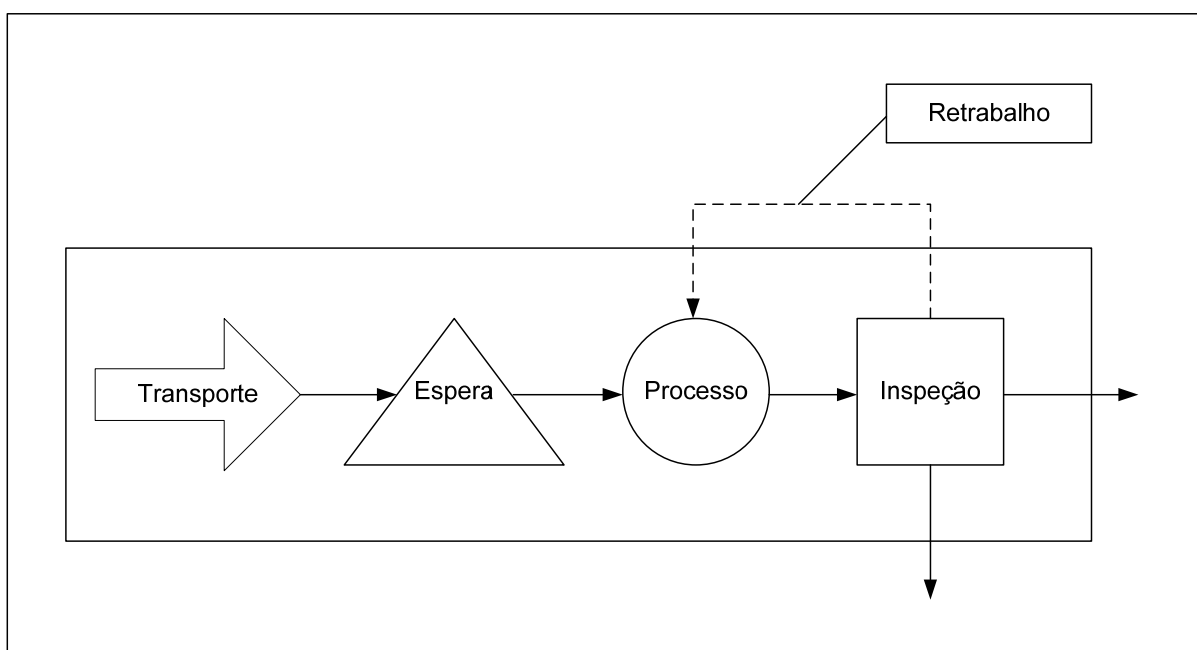


FIGURA 3: Conceito do processo de construção enxuta
Fonte: Koskela, (1992);

Deve-se considerar que um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam a matéria prima em produtos solicitados pelos clientes internos ou externos (ISATTO, 2000).

De acordo com Isatto et al. (2000), em virtude da complexidade dos empreendimentos de construção, é preciso se dividir o planejamento e controle da produção em níveis hierárquicos, a fim de se proteger quanto aos efeitos da incerteza e variabilidade durante a execução da obra. Quando se especifica todas as etapas com grande nível de detalhamento na fase de planejamento, torna-se muito complicado a sua alteração durante o desenvolvimento dos processos. Portanto, a hierarquização do processo permite que algumas

decisões sejam adiadas até que se obtenham mais informações sobre a disponibilidade de recursos. Define-se três níveis hierárquicos na gestão dos processos:

- a) Planejamento de longo prazo: tratado como estratégico, define toda a etapa de produção, seus marcos chave e o prazo de entrega da obra. Também chamado plano mestre. Nesta etapa do processo devem ser coletadas as informações necessárias para se efetuar a elaboração deste planejamento, podendo ser necessário a sua revisão durante a execução da obra.

As principais ferramentas utilizadas para a sua elaboração são o diagrama de Gantt, o PERT- CPM e a linha de balanço, sendo que este último tem a vantagem de permitir a visualização do fluxo de trabalho durante a obra.

De acordo com Isatto et al. (2000), o planejamento de longo prazo deve contemplar o projeto do layout do canteiro, que deve ser revisado ao longo da obra, em função de mudanças que possam acontecer. A partir do planejamento de longo prazo, deve-se elaborar o fluxo de caixa, que é a base do controle financeiro da obra. O planejamento de longo prazo deve ser difundido aos usuários da empresa, através de documentos, cartazes, ou comunicação verbal.

- b) Planejamento de médio prazo: tratado como planejamento tático, liga o planejamento de curto prazo ao planejamento de longo prazo. É denominado de *Lookahead Planning*. O ciclo de replanejamento desta etapa é normalmente de dois a três meses, sendo que os mesmos são atualizados mensalmente, conforme o desenvolvimento do planejamento de curto prazo. As principais funções deste planejamento, segundo Soares (2003) são:

- Estabelecer a seqüência do fluxo de trabalho;
- Identificar a carga de trabalho e os recursos necessários para manter o fluxo estabelecido;
- Decompor o plano de trabalho em pacotes de trabalho;
- Atualizar e revisar o plano de longo prazo da obra.

Após a definição dos pacotes de trabalho, devem ser verificadas as restrições para a execução das etapas previstas, que podem ser financeiras, físicas, de equipamentos e as relativas a inspeções, como esperas pela realização das mesmas. Segundo Tommelein e Ballard (1997), para que um pacote de trabalho seja realizado, é necessário que todas as restrições sejam removidas.

A realização desta etapa do planejamento é feita pela gerência da obra, utilizando, normalmente, o gráfico de Gantt.

- c) Planejamento de curto prazo: também chamado de Plano Operacional. Segundo Formoso et al. (1999), o planejamento de curto prazo tem como principal função orientar diretamente a execução da obra. É realizado em ciclos semanais, distribuindo pessoal e recursos definidos no *Lookahead Planning* e pela formação de lotes menores, denominados pacotes de trabalho (FORMOSO et al. 1999). No planejamento de curto prazo são distribuídos os pacotes de trabalho entre as equipes de produção, com uma semana de prazo, definindo o local das tarefas (TOMMELEIN; BALLARD, 1997). Este procedimento é chamado de produção protegida. São realizadas reuniões semanais, com a presença do gerente da obra, mestre de obra e empreiteiros, cujo objetivo é programar as atividades da próxima semana e avaliar o cumprimento das tarefas planejadas para o período anterior.

A ferramenta *last planner* pode ser utilizada para a geração do plano. Foi desenvolvida inicialmente por Ballard e Howell (1998) e consiste basicamente em resolver questões sobre o que e onde, quem, quando, avaliação da eficácia do planejamento e razões para o não cumprimento de tarefas. Segundo Isatto et al. (2000), esta ferramenta tem a característica de medir a eficácia do planejamento e controle da produção, possibilitando aumentar a previsibilidade do planejamento.

2.6 O MODELO DE GUINATO PARA O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO, ADAPTÁVEL PARA O SISTEMA DE CONSTRUÇÃO ENXUTA

Ghinato (2000) define o objetivo do Sistema Toyota de Produção como sendo o de atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor tempo (*lead time*) possível.

O modelo proposto por Miranda et al. (2003), que é baseado na definição acima exposta, descreve os componentes da estrutura do Sistema Toyota de Produção, apoiada nos dois pilares que sustentam a teoria: *Just-in-Time* e *Jidoka*. Estão ainda presentes os outros componentes essenciais do sistema, segundo a visão de Guinato (2000), que é representada

pela casa do STP, cuja estrutura é composta pela base, dois pilares e no topo o cliente, conforme a figura 4.

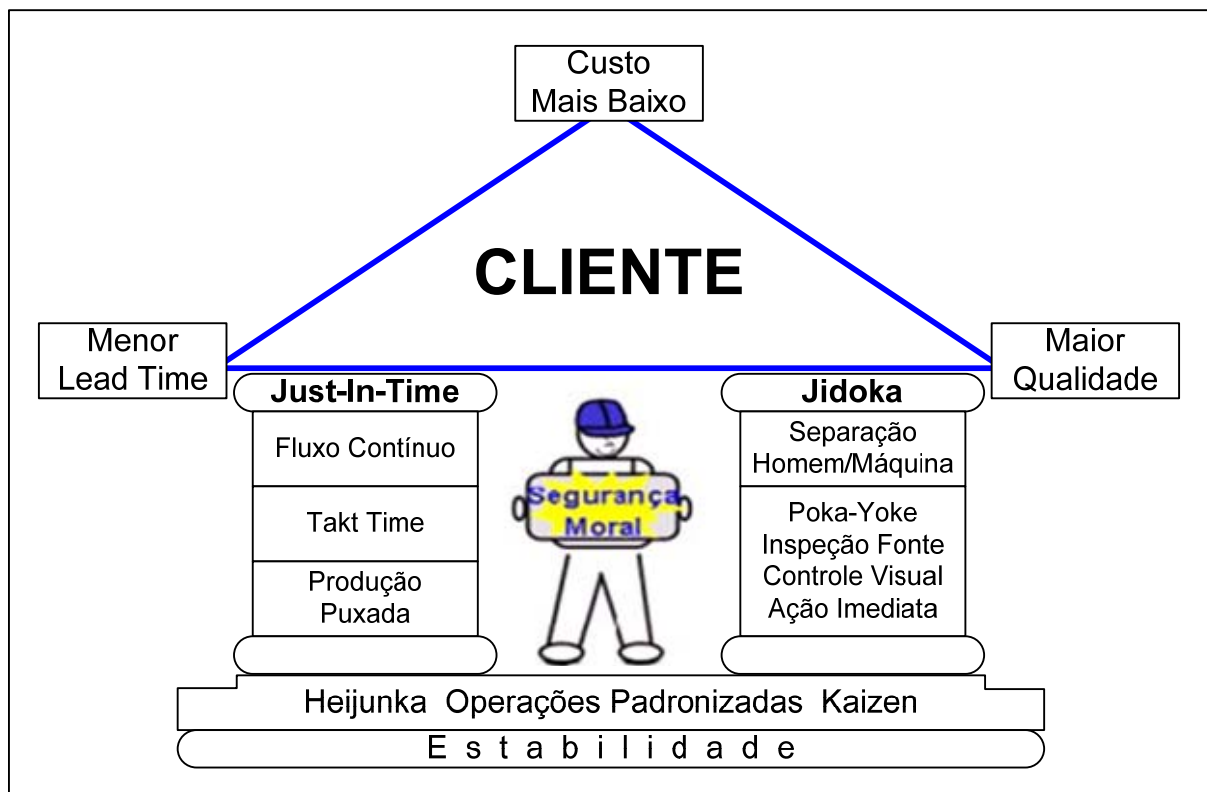


FIGURA 4: Estrutura do Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Guinato (2000).

2.6.1 PRIMEIRO PILAR: *JUST-IN-TIME*

O conceito de *just-in-time* depende de três fatores: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada Guinato (2000).

Segundo Roth e Harris (2002), fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente para o processo posterior sem nenhuma parada. É o modo mais eficiente de se produzir. Miranda et al. (2003) assegura que através do mapeamento do fluxo de valor é possível a eliminação de atividades que não agregam valor, tornando o fluxo constante.

O *takt time* está associado à função processo. Para Roth e Harris (2002), *takt time* é o ritmo da produção ou a velocidade com que os clientes solicitam os produtos prontos. Reis e Picchi (2004) definem *takt time* como sendo o ritmo que deve ser imposto ao trabalho,

determinado pela demanda do cliente, de forma que a produção seja no volume necessário, não maior e nem menor. Também define-se como o tempo no qual uma unidade do produto deve ser produzida, portanto, se a demanda aumenta, o *takt time* diminui, se a demanda diminui, o *takt time* aumenta.

De acordo com Miranda et al. (2003), uma maneira de realizar a produção puxada, é através da entrega da construção em pequenas áreas, conforme a demanda, adotando sistemas puxados entre equipes e fornecedores, ou seja, um conjunto de serviços só seria liberado após a conclusão do anterior. Segundo Leite et al. (2004), uma maneira de puxar a produção é utilizando o sistema *kanban* (cartões de produção) para controlar e autorizar a execução dos serviços planejados. Nada se produz até que o cliente interno ou externo de seu processo solicite a produção de determinado item.

2.6.2 SEGUNDO PILAR: JIDOKA

Palavra japonesa que significa automação foi o termo utilizado por Ohno para expressar automação com toque humano. Também chamada de Autonomia. Segundo Guinato (1996), Taichi Ohno estabeleceu *Jidoka* como um dos pilares do Sistema Toyota de Produção por acreditar ser essencial no produto automóvel o item segurança, fundamental para o usuário e para o fabricante, o que significa que medidas devem ser tomadas para impedir a propagação de erros que podem provocar falhas graves no veículo garantindo que a sua reincidência seja evitada.

Segundo Guinato (2000), o princípio central é impedir a propagação de defeitos, eliminando erros durante o processamento e fluxo de produção, através de dispositivos de prevenção de defeitos, denominados *poka yoke*.

De acordo com Miranda et al. (2003), *Jidoka* também consiste em delegar ao responsável pela obra a autonomia para paralisar o serviço quando detectar qualquer anormalidade, ou seja, após a detecção de defeitos no processo é necessária a intervenção do operador para realizar a correção do defeito. Na construção civil, segundo Miranda et al. (2003), pode-se utilizar a inspeção dos materiais e dos serviços com o objetivo de evitar que os erros se propaguem em etapas posteriores.

Dentro do conceito de *Jidoka*, insere-se a constituição de células de produção, que será o tema da dissertação proposta, onde o trabalho de equipes polivalentes reduz a interdependência de atividades e diminui o tempo de ciclo através da redução de atividades de fluxo que não agregam valor.

As equipes possuem autonomia para paralisar o serviço quando for detectada qualquer anormalidade e tomar as medidas corretivas e preventivas a fim de evitar a propagação de erros, bem como para solicitar materiais e recursos necessários para desenvolver os serviços.

2.6.3 A BASE: KAIZEN, OPERAÇÕES PADRONIZADAS E ESTABILIDADE

Segundo o modelo de Guinato (2000), a base da casa do STP é formada por *heijunka* (nivelamento da produção), padronização e melhoria contínua (*kaizen*). De acordo com Miranda et al. (2003), a padronização leva a uma maior disciplina na execução das atividades, eliminando improvisações e conseqüentemente reduzindo a variabilidade, resultando em obras com maior precisão e menor índice de desperdícios.

A adoção de programas de qualidade pelos diversos agentes do setor de construção tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo o principal responsável pelo aumento da padronização das atividades. Porém, a filosofia do *Lean Thinking* adota uma abordagem mais ampla do trabalho padronizado, priorizando a estabilização dos processos através do sequenciamento, ritmo e estoques (*LEAN ENTERPRISE INSTITUTE*, apud PICCHI; GRANJA, 2004).

Segundo Guinato (2000), a estabilidade dos processos é a base do Sistema Toyota de Produção. Somente processos capazes, sob controle e estáveis podem ser padronizados, permitindo a fabricação de itens sem defeitos, na quantidade e momento certos.

Para Reis e Picchi (2004), o balanceamento da linha de produção é utilizado para otimizar a utilização do pessoal de trabalho, distribuindo a carga de serviço uniformemente de acordo com o *takt time*, evitando, desta maneira, picos de produção e paradas desnecessárias.

Miranda et al (2003) define que o *kaizen* está diretamente relacionado com a operação padronizada, incluindo o monitoramento dos processos através do ciclo PDCA,

instrumento de controle e melhoria contínua dos processos. Este método também faz parte de programas de qualidade como ISO 9000 e PBQP-H.

Segundo Obara (2004), os dois principais conceitos de *Kaizen* são:

- atacar a causa-raiz: Os problemas são automaticamente eliminados desde que se atinja a sua causa raiz;
- melhoria + padronização: As melhorias permanecerão sempre desde que após implementas as mesmas sejam padronizadas.



FIGURA 5: A essência do kaizen.
Fonte: Obara (2004).

2.7 CÉLULAS DE PRODUÇÃO

O conceito de célula de manufatura originou-se em estudos conduzidos na antiga União Soviética por Sokolovsky nos anos 30 que propôs que partes de configuração e características semelhantes deveriam ser produzidas da mesma maneira por um processo tecnológico padronizado (HYDE *apud* HYER; BROWN 1999).

Rother e Harris (2002) apresentam o seu conceito de célula de acordo com a teoria do pensamento enxuto: “Uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo”.

Segundo Hyer e Brown (1999) a visão convencional, clássica, superficial, do layout celular o caracteriza como sendo um arranjo que:

- a) Produz partes ou famílias de produtos;
- b) Envolve a locação física dos equipamentos para produzir estas famílias de produtos;
- c) Submete os equipamentos à produção da família de produtos.

Hyer e Brown (1999) propõem uma definição mais abrangente para o que denominaram célula real, determinando que uma célula de manufatura possui duas categorias gerais de características ou elementos de definição. O primeiro abrange a definição clássica, e o segundo estende a definição além da abordagem de layout:

- a) Característica 1: A dedicação de equipamentos a uma família de partes ou produtos que possuem especificações de processamento similares;
- b) Característica 2: A criação de um fluxo de trabalho onde as tarefas e os executores estão firmemente conectados em termos de tempo, espaço e informação, sendo:
 - Tempo: A transferência e tempos de espera entre tarefas sequenciais dependentes são minimizados;
 - Espaço: Todas as tarefas na célula são executadas em proximidade física uma das outras. Os operadores da célula devem estar próximos o suficiente para permitir a transferência rápida de materiais e também visualizar cada componente, conversar, agir como equipe e resolver os problemas rapidamente. A visualização de todas as atividades da célula é fundamental para facilitar a informação entre os operadores. A proximidade espacial permite às pessoas ver um ao outro, ouvir e se relacionar com o grupo;
 - Informação: Pessoas e máquinas responsáveis pelas atividades na célula tem acesso à completa informação sobre a disposição do trabalho.

Hyer e Brown (1999), após revisão bibliográfica e estudos de campo afirmam que um arranjo de trabalho celular atinge seu ponto crítico quando os operadores não podem visualizar, ouvir e se comunicar entre si e ocorre para a maioria das células, com um grupo acima de dez pessoas (MORELAND; LEVINE *apud* HYER; BROWN, 1999).

A conexão baseada em informação é o elemento central que determina a eficácia das células de manufatura. Os três elementos de ligação: tempo, espaço e informação se reforçam mutuamente, sendo que a informação tem influência mais dinâmica no sistema, pois é o elemento central que determina a eficácia das células de manufatura. Esta interação está explicada na figura 6:



FIGURA 6: Blocos de construção para efetividade da célula real.
Fonte: Hyer e Brown (1999).

O quadro 1 apresentado a seguir relaciona os aspectos críticos (aqui chamados de habilitadores) que tornam possível o arranjo celular, bem como a ligação entre as tarefas e os operadores que as executam, em termos de tempo, espaço e informação, o que caracteriza a célula real.

A ligação com o tempo significa que os tempos de espera e transferência entre tarefas dependentes e sequenciais são minimizados.

A ligação com o espaço significa que todas as tarefas da célula são executadas em proximidade física umas com as outras.

A ligação com a informação significa que pessoas e máquinas responsáveis pelas células têm acesso à completa informação sobre a disposição do trabalho dentro da célula.

HABILITADOR	Impacto na ligação com o tempo	Impacto na ligação com o espaço	Impacto na ligação com a informação
Pequenos lotes	■		□
Transferência de pequenos lotes	■	□	□
Partes entregues no tempo certo	■		
Chegada de materiais conforme a especificação	■		
Controle efetivo de equipamentos e processos	■		
Tempos de setup curtos	■		□
Estações de trabalho balanceadas	■		□
Células com tamanho reduzido	■	■	■
Treinamento em várias tarefas e rotação de trabalho	■		■
Justaposição de equipamentos relacionados em sequência (arranjo de equipamentos dentro da célula para acomodar o fluxo dominante)	■	■	■
Miniaturização de processos monomontagem (processos muito extensos)	□	■	□
Equipamento que pode ser movido quando a célula necessita mudança	□	■	□
Políticas de manutenção preventiva	■		
Operadores habilitados em manutenção preventiva	■		□
Linguagem comum entre os operadores	□		■
Relacionamento interpessoal positivo entre os operadores	□		■
Compartilhamento contínuo das informações entre os operadores	□		■
Operadores com habilidade para trabalhar em grupos de trabalho	□		■
Operadores com acesso visual a todas as atividades da célula	□		■
Operadores com completa compreensão das tarefas	□		■
Sistemas de gerenciamento de controle (visual, computadorizado, manual e auditivo) que tornam a informação rapidamente disponível aos operadores	□		■
Presença de feedback entre as estações celulares e entre a célula e consumidores/fornecedores	□		■
Projeto de tarefas e outras políticas que permitem aos operadores agir em resposta a sinais	□		■
Projeto de tarefas e outras políticas, como compensações, que mantêm os operadores responsáveis pelos resultados	□		■
Ambiente de pouco ruído			■

Legenda:

(■) Habilitador primário - habilita a ligação direta e fortemente.

(□) Habilitador secundário - habilita indiretamente e reforça a ligação.

QUADRO 1: Ligações e exemplos de habilitadores (características que viabilizam o arranjo celular).

Fonte: Hyer e Brown (1999).

Concluindo, define-se célula de produção como sendo um arranjo onde a matéria-prima é processada e o produto entregue completo no final do processamento, sendo fundamental o trabalho em equipe. Dentro da célula os trabalhadores devem trabalhar

próximos, dentro de uma seqüência e ritmo ideal, a fim de evitar perdas por retrabalho e espera. Os operadores devem ter senso de responsabilidade gerado pela autonomia desenvolvida a fim de propor as mudanças necessárias para agilizar a produção e executar o trabalho da melhor maneira possível.

2.7.1 BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE CÉLULAS DE MANUFATURA

Wemmerlov (1996) cita benefícios obtidos quando se aplica os conceitos de célula de manufatura:

- menor tempo de processamento;
- menor quantidade de matéria prima, estoque em processo e de produtos acabados;
- menor tempo de setup;
- movimentação de materiais mais eficiente;
- qualidade de output melhorada e menos retrabalho;
- maior produtividade;
- melhoria da satisfação dos operadores no trabalho;
- visibilidade da condição do trabalho aumentada;
- procedimentos simplificados de planejamento e controle.

De acordo com Hyer e Wemmerlov (2004), o arranjo celular facilita o fluxo e a eficiência nos processamentos de material e informação, com os operadores das células podendo ser treinados em várias tarefas, engajando-se em rotação de trabalho e assumindo tarefas delegadas aos supervisores. Ainda segundo os mesmos, o controle local fomenta o envolvimento dos trabalhadores e facilita a implementação de melhorias.

Estudo de caso realizado em uma indústria norte americana, fabricante de equipamentos de teste eletrônicos, após passar por dificuldades financeiras e devido à crise de mercado, revelou que o caminho encontrado para obter vantagens competitivas de custo, credibilidade e confiabilidade foi o de reorganizar o gerenciamento da produção, implantando

o arranjo celular. Após o segundo ano de implantação, a produção por empregado praticamente dobrou, os tempos que os produtos levam para se movimentar por todas as etapas dos processos foram cortados pela metade, a qualidade melhorou e os defeitos diminuíram de maneira acentuada (HYER; WEMMERLOV, 2004).

2.7.2 O PROJETO DE ARRANJO CELULAR

Hyer et al. (1999) desenvolveram uma metodologia para implantação de arranjo celular que envolve uma seqüência de ações e decisões necessárias para implementar o projeto celular esquematizado na figura 7. Os passos são descritos no quadro 2.

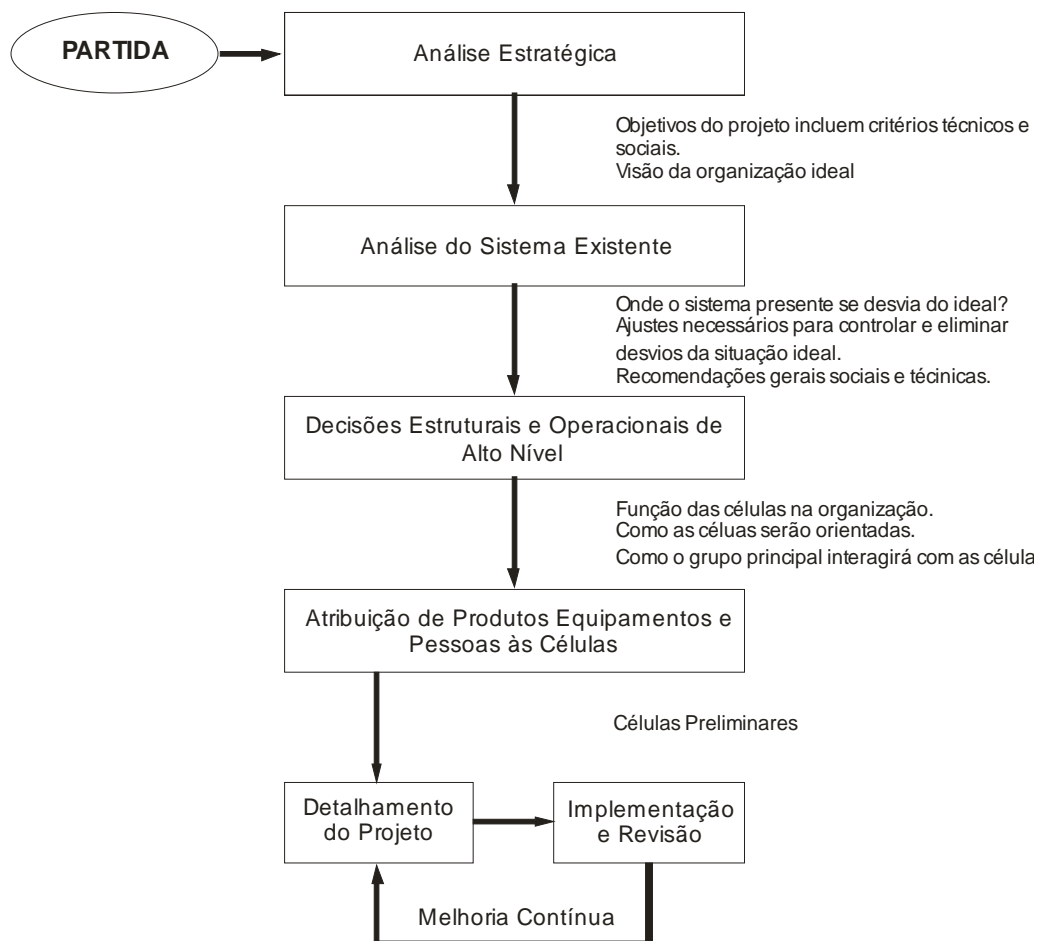


FIGURA 7: Modelo sequencial de planejamento de células
Fonte: Hyer et al. (1999).

CATEGORIA	PRINCIPAIS DECISÕES E AÇÕES
ESTRATÉGICA	Identificar a necessidade de mudança Preparar a organização - justificativa e negociação Determinar quem e qual processo será utilizado para o projeto das células Determinar os objetivos estratégicos do projeto das células
ESTRUTURAL	Selecionar partes /produtos que serão produzidos na célula Selecionar equipamentos para processos incluídos na célula Selecionar sistema de manuseio de material. Determinar o sistema de layout Fazer a atribuição das tarefas aos operadores Criar ferramentas e ajustes
OPERACIONAL	Estabelecer planejamento de atividades e políticas de rotação de tarefas Determinar a função e responsabilidades dos supervisores Determinar inspeções e procedimentos de qualidade Determinar procedimentos de manutenção Determinar o planejamento da produção (ligação com o planejamento mestre e planejamento de materiais) Determinar a atividade de controle da produção (emissão e regras para a documentação) Projetar o controle de custo e disseminar as informações Determinar recompensas e políticas de compensação Desenvolver políticas de controle de documentação Estabelecer atividades contínuas de treinamento Determinar procedimentos de mensuração da performance da célula Estabelecer procedimentos de segurança
IMPLEMENTAÇÃO	Comunicar a mudança Executar as mudanças - modificação física ou configuração Evoluir e aprimorar o trabalho em célula

QUADRO 2: Decisões necessárias para a implantação de projeto celular
Fonte: Chakravorty e Hales (2004).

Chakravorty e Hales (2004) utilizaram esta metodologia em um estudo de caso de implantação do sistema celular em uma indústria de componentes de madeira para residências (portas, janelas e rodapés) fazendo a análise do sistema existente e a escolha e atribuição de tarefas aos operadores das células. Chegaram a quatro conclusões:

- Primeira, que o modelo de projeto celular desenvolvido por Hyer et al. (1999) pode ser aplicável para descrever a experiência e organizar o processo de implantação;
- Segunda, que a análise do sistema existente explicou porque o arranjo celular era a maneira mais apropriada para a operação de fabricação;

- Terceira, que a atribuição de tarefas envolve aspectos humanos e técnicos, que inicialmente determinaram uma melhora considerável no desempenho, em que cada operador se encarregava de fazer a sua contribuição para executar as ordens de fabricação. Posteriormente devido à interação de aspectos técnicos e humanos, esta composição da equipe sofreu mudanças;
- Quarta, o papel da direção e do supervisor foram fundamentais: a direção fez com que os trabalhadores sentissem que as mudanças seriam importantes para alcançar ganhos para a empresa e os trabalhadores. As competências técnicas e sociais do supervisor foram essenciais para o sucesso da implementação.

2.7.3 O PROJETO DO GRUPO DE TRABALHO E OS ASPECTOS SÓCIO-TÉCNICOS

O projeto de grupos de trabalho, como o utilizado em células de produção, foi estudado por Morgan (*apud* SCHURING, 1996) e baseia-se em quatro princípios:

- o princípio de redundância de funções onde cada membro deve possuir várias habilidades, o que torna possível uma maior flexibilidade e capacidade de reorganização;
- o requisito de versatilidade, que corresponde à variedade e complexidade dos desafios do grupo;
- senso crítico, que requer que nada seja especificado que não seja essencial. Este princípio é importante ao permitir a autonomia do operador para aprimorar os processos, respeitando requisitos mínimos;
- o entendimento, com sentido amplo, ou seja, o grupo não deve apenas detectar e corrigir erros em relação a determinadas normas operacionais, mas sim ser hábil em questionar a sua relevância.

De acordo com Schuring (1996), é necessária coerência grupal, que será estabelecida através da dependência mútua na execução, na rotação e na divisão racional das tarefas, o que possibilitará a cooperação entre os membros do grupo.

Schuring (1996) cita o contexto industrial como um ambiente onde são envolvidos aspectos de qualidade, manuseio de materiais e atividades de manutenção. Com a finalidade

de obter maior produtividade, os membros da equipe de trabalho devem ser incentivados a construir seus próprios procedimentos, com a imposição de especificações mínimas e críticas, sendo imprescindível o treinamento e a disponibilização de informações para executar as tarefas em quaisquer circunstâncias. Os processos devem ser alinhados com as exigências da empresa, apesar de se delegar autonomia aos grupos de trabalho, não necessitando de suporte de outro pessoal, com as inspeções e controles sendo realizados pelos próprios membros do grupo.

Segundo Olorunniwo (2002), o aspecto sócio-técnico é uma abordagem necessária, que tem um impacto significativo na implementação da manufatura celular, ou seja, é a combinação entre aspectos técnicos (projeto e operação da célula) e sistemas sociais.

Olorunniwo (2002) desenvolveu um modelo sócio-técnico baseado em características humanas que impactam no sucesso da implementação da manufatura celular. Este modelo é composto por quatro fatores principais:

- o papel da alta gerência;
- a seleção da equipe da célula;
- o plano de trabalho para os operadores;
- o treinamento em todas as funções para todos os membros.

O papel da alta gerência, de acordo com estudo de caso de Olorunniwo (2002), é fundamental na implantação da manufatura celular, assim como o treinamento amplo em todas as funções.

Sum et al. (*apud* OLORUNNIWO, 2002) citam três atribuições da alta gerência na implantação da manufatura celular:

- mostrar interesse, participando de encontros da equipe, dispor de tempo para as pessoas, ouvir o feedback e disposição para auxiliar nos problemas;
- prover os recursos necessários, inclusive treinamentos;
- comandar, ou escolher liderança para transformar planos em ação, rever o progresso do plano e nomear comissão executiva para trilhar os passos, rever e monitorar o andamento do plano.

2.7.4 APLICAÇÕES DO CONCEITO DE CÉLULAS DE PRODUÇÃO EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Existem poucas referências, na sua maior parte teóricas com poucos resultados práticos, que abordam a aplicação do conceito de células de produção na construção civil (MOSER, 2003 e TAVARES et al. 2004), portanto existe carência de diretrizes consolidadas para a sua implementação e funcionamento.

Segundo Souza e Silva et al. (2003), em ambiente de célula é possível a redução do tempo de ciclo, ao juntar funções de vários postos de trabalho, criando o ambiente favorável para a eliminação de dependências entre os postos, reduzindo as esperas que resultam em um maior tempo de ciclo. Uma consequência citada no referido trabalho é a simplificação através da redução do número de passos ou partes, devido à agregação de atividades menores em uma atividade maior, reduzindo assim, as interdependências entre as atividades. Destaca, também que a junção de algumas atividades, fazendo pessoas trabalhar em equipe, resulta em menor número de interferências, maior controle do processo, melhor administração de estoques, maior qualidade e maior motivação dos funcionários.

Tavares et al. (2004), após estudo de caso da aplicação do conceito de células de produção em empresa construtora, concluem que dentro do ambiente da célula os operários devem ser treinados em várias funções, necessárias dentro do processo, tornando-se polivalentes, mesmo que isto diminua a produtividade individual. Conseqüentemente, abre-se a possibilidade de rotação das atividades realizadas dentro da célula, possibilitando a visualização de todo o processo por parte dos funcionários, melhorando a flexibilidade do sistema, tornando a equipe menos vulnerável ao absenteísmo causado por doenças ou ausência de algum trabalhador.

De acordo com Ferrari Filho et al. (2004), as equipes semi-autônomas executam funções de planejamento, execução e controle, em nível operacional, diferente do Taylorismo, que divide planejamento e execução. O trabalho em equipe é fundamental para a redução dos desperdícios, que permitem a viabilização do fluxo e melhoria contínuos (OHNO, 1997).

Moser (2003) aplica o conceito de célula de manufatura móvel ao processo construtivo Drywall, onde através de estudo de caso investiga a aplicação do arranjo celular e propõe diretrizes genéricas para o setor da construção civil, concluindo que é possível

implementar na construção civil as mesmas diretrizes requeridas pelo conceito celular em outros setores industriais.

2.8 RESUMO

A revisão bibliográfica investigou tópicos relacionados aos princípios e conceitos da Produção Enxuta, ou basicamente o Sistema Toyota de Produção. Em particular, adota a visão de Miranda et al. (2003), para o contexto de empresa enxuta. Também foram abordados conceitos, características e metodologias de implementação de células de manufatura. Estes assuntos foram pesquisados em publicações da engenharia de produção.

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

De acordo com Yin (2005 p. 32), o estudo de caso é a estratégia mais adequada quando se quer responder a questões enfrentadas pelo pesquisador do tipo “como” e “porque”. Mais especificamente, é uma investigação empírica que “investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

O estudo de caso único, com sua extensiva descrição qualitativa, análise temporal e contextual foi o método de estudo escolhido, devido à limitação de oportunidade única de aplicação no momento e na obra disponível e por ser o mais adequado para investigações exploratórias e inovadoras (MEREDITH, 1998). O fundamento lógico para a escolha de caso único é o fato de ser um caso representativo, típico para aplicação do estudo, em uma empresa pequena e que representa a realidade contextual do setor na região. Serviu para testar a aplicabilidade do conceito de células de produção em uma pequena obra de construção civil.

Segundo Nachmias (*apud* YIN, 2005), o estudo de caso leva o pesquisador ao processo de coletar, analisar e interpretar observações, que serão provas que permitirão se fazer inferências relativamente às relações entre as variáveis sob investigação. A análise e interpretação dos dados determinam se é possível se fazer generalizações a uma população maior ou a outras situações diferentes, baseadas nas interpretações dos dados coletados.

A fundamentação teórica auxiliou na generalização dos resultados obtidos no estudo de caso (YIN, 2005), que serviram para sustentar diretrizes e princípios que foram testados no decorrer do estudo.

3.1.1 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE E VALIDAÇÃO

A estratégia de análise dos dados adotada foi seguir as proposições teóricas, que foram fundamentalmente as características da célula real de Hyer e Brown (1999). Estas

proposições refletiram as questões de pesquisa e procuraram demonstrar a existência de um arranjo celular com características e desempenho semelhantes às verificadas na indústria de manufatura.

A técnica utilizada foi a adequação ao padrão, que segundo Yin (2005) compara um padrão fundamentalmente teórico com outro baseado em previsões, verificando se os mesmos coincidem, o que contribui para reforçar a sua validade interna.

A corroboração da hipótese do estudo de caso ser aplicado dentro de um arranjo celular foi através da análise das evidências que comprovam as definições teóricas de Rother e Harris (2002) em que uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial e em um fluxo contínuo.

Também utilizou-se a proposição de Hyer e Brown (1999) que define a célula real como sendo um fluxo de trabalho onde as tarefas e os operadores estão conectados em termos de tempo, espaço e informação, analisando as características propostas pelos autores no Quadro 1, verificando cada item do mesmo, particularmente os habilitadores primários que influenciam mais decisivamente a sua aplicação no estudo de caso.

Desta forma procurou-se observar e coletar as evidências que foram descritas nos quadros onde se descreve a característica desejada e a evidência que se relaciona com a mesma, observada durante o estudo de caso. Foram anexadas fotos explicativas que reforçaram a compreensão das características encontradas durante o estudo.

Alguns princípios da produção enxuta também foram identificados e descritos juntamente com os aspectos críticos que caracterizam o arranjo celular.

A validade interna foi verificada comparando as proposições teóricas de Hyer e Brown (1999), Rother e Harris (2002) e as diretrizes de Moser (2003) registrando e descrevendo os eventos em que as mesmas aconteceram durante o estudo de caso.

A validade externa, segundo Yin (2005) é mais confiável quando se tem casos múltiplos, quando se deve testar uma teoria através da replicação para outros locais, onde se supõe que ocorram os mesmos resultados, o que forneceria sustentação para a hipótese. Para os estudos de caso únicos é necessária a inferência teórica para pressupor a validade para outras populações. No presente estudo, procurou-se comprovar a validade interna.

A validade externa poderá ser comprovada através de estudos futuros que repitam e comprovem os resultados alcançados nesta pesquisa, permitindo a generalização através da replicação das constatações.

3.1.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Para a coleta dos dados foi adotada a observação simples, com anotação de todas as atividades, seqüências e acontecimentos relevantes. Este acompanhamento aconteceu diariamente. As evidências de autonomia, antecipação de serviços, fluxo contínuo, automação, melhoria contínua foram anotadas pelo pesquisador e por dois estagiários do curso de Engenharia Civil. Foi utilizado o recurso de registro fotográfico para as atividades realizadas e os acontecimentos importantes.

Foi elaborada uma seqüência para a execução serviços que está no Quadro 4. Esta sugestão foi fixada no quadro durante a duração do estudo de caso e serviu de parâmetro para o desenvolvimento dos serviços a serem executados. Paralelamente ao desenvolvimento dos trabalhos, foi preenchida uma planilha com a seqüência efetivamente seguida (Quadro 14) e comparado com a sugestão.

Para organizar os dados do número de paradas e de fatos importantes para o estudo foram elaborados planilhas e gráfico cujo exemplo, com dados apenas indicativos (não são resultados do estudo) é a figura 8 onde estão representadas paradas e motivos de paradas. Foram elaborados também diagramas de fluxo das operações nos momentos mais importantes e um diagrama das atividades realizadas no primeiro dia da implantação da célula. A elaboração destes diagramas utilizou simbologia e conceitos adotados por Slack et al. (2002).

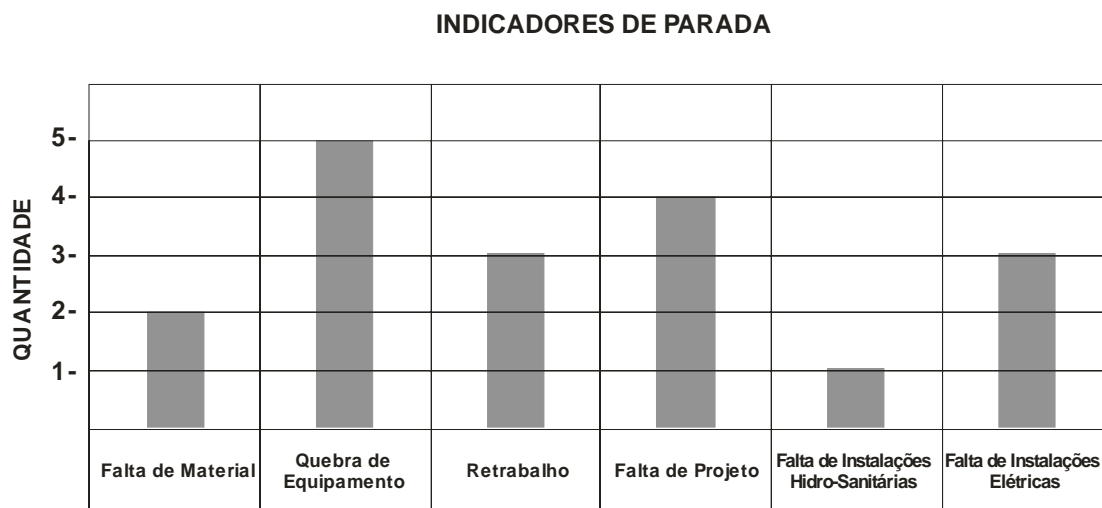


FIGURA 8: Modelo de gráfico dos indicadores de parada

Ao final do estudo de caso foram feitas entrevistas com os operadores da célula e com um dos estagiários que acompanhou todo o processo. Estas entrevistas, juntamente com os dados coletados com as observações em campo, fotos e os diagramas de atividades permitiram que se fizesse a triangulação para convergir os dados e emitir as conclusões.

Foram elaboradas algumas questões e apresentadas aos entrevistados, que estão relacionadas no Quadro 3.

QUESTÕES
• Como você viu o trabalho com a célula de produção?
• Qual a causa do bom ou mau desempenho da célula?
• Como foi a experiência de trabalhar em equipe? Você teve algum problema de relacionamento com o grupo?
• Como poderia ser melhorado o desempenho do serviço dentro da célula?
• Quais as dificuldades encontradas para executar os serviços e manter o prazo?
• Você achou o ritmo de trabalho muito cansativo, trabalhou mais rápido para poder cumprir o prazo?
• O fato dos colegas estarem todos próximos em locais onde ficavam visíveis facilitou o controle e execução do serviço?

QUADRO 3: Questionário aplicado aos estagiários e operadores da célula

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para este estudo, foi adotada a estratégia de estudo de caso exploratório, tendo por objeto de análise uma etapa de obra em construção, onde foi implantado o conceito de célula de produção em processos construtivos.

Este estudo está estruturado em três etapas: revisão bibliográfica, estudo de caso com aplicação do conceito de célula de produção, análise dos dados e conclusões do estudo. Esta estrutura está representada na figura 9.

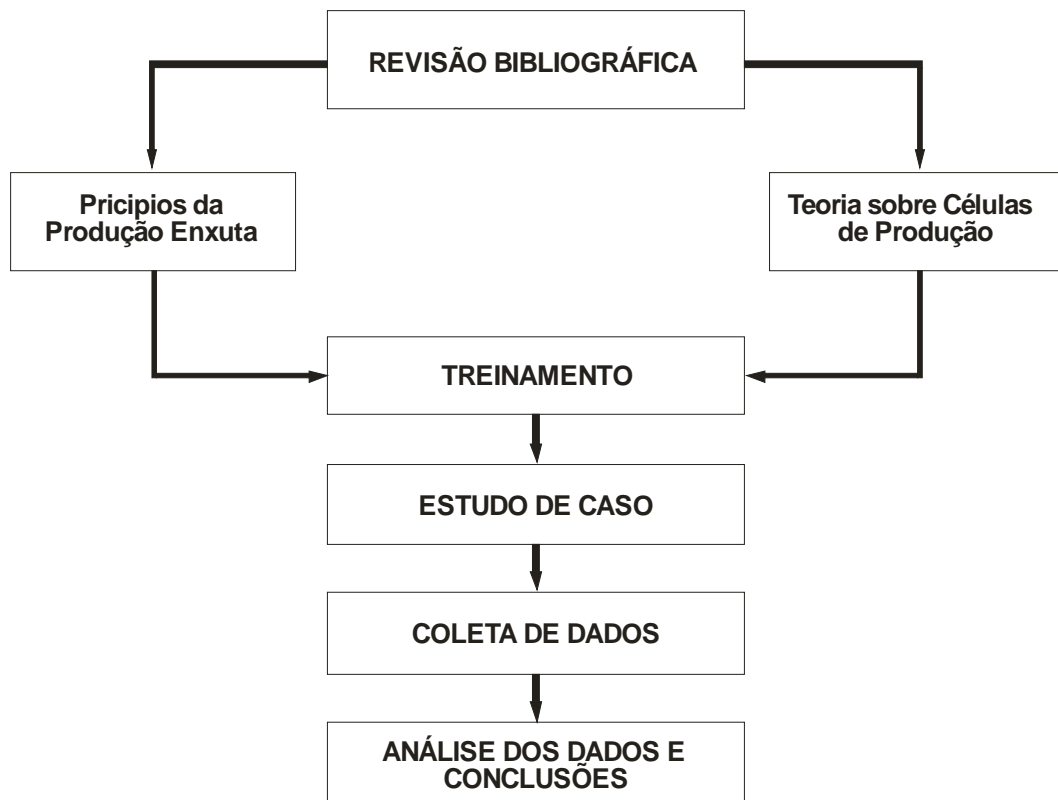


FIGURA 9: Método de pesquisa

3.3 DESCRIÇÃO DA OBRA

O estudo de caso foi realizado numa obra de edificação comercial e residencial localizada na cidade de Chapecó. O edifício foi projetado para dez pavimentos, sendo dois

pavimentos comerciais, um andar de garagem e sete andares de apartamentos, com área total de 4.400,00 m². O proprietário decidiu interromper a obra no terceiro pavimento, promovendo várias alterações de projeto no decorrer da execução, ocasionando atrasos por falta de definição, falta de projeto e atraso na entrega do mesmo.

O contrato da obra envolvia somente o fornecimento da mão de obra, sendo que os materiais seriam adquiridos pelo cliente, assim como a mão de obra das instalações elétricas e hidro-sanitárias. Esta situação ocasionou problemas como demora na entrega de materiais, troca constante de fornecedores, devolução de materiais entregues fora da especificação, retrabalho para ajustar serviços mal executados, atraso devido à falta de comprometimento e cumprimento de prazo dos instaladores, assim como trabalho extra para fazer limpeza que seria responsabilidade dos terceirizados. Isto acarretou um ambiente de alta variabilidade, semelhante a uma reforma, quando se perde o controle de prazos pelos motivos acima citados.

A fim de permitir a implementação da célula objeto de estudo, foi escolhida uma parte da obra cujo projeto estava previamente definido, embora os problemas com os terceiros ainda ocorressem, tais como atraso na execução dos serviços sob sua responsabilidade, má qualidade de alguns serviços e demora na correção de defeitos nos serviços executados.

3.4 CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO LOCAL OBJETO DO ESTUDO

O local escolhido para realizar o estudo de caso foi uma área localizada no segundo pavimento, parte de uma sala maior. O pavimento foi dividido em três partes das quais a primeira foi denominada célula 1 e as outras células 2 e 3. A célula 1 foi o objeto deste estudo. As células 2 e 3 possuíam tarefas semelhantes às da célula 1 e foram aplicados os mesmos conceitos, com alteração nos membros da equipe de produção, sendo que não foi objeto de estudo deste trabalho.

A figura 10 mostra a localização das células 1, 2 e 3 dentro do segundo pavimento. As fotos 1, 2, 3 e 4 mostram detalhes da célula.

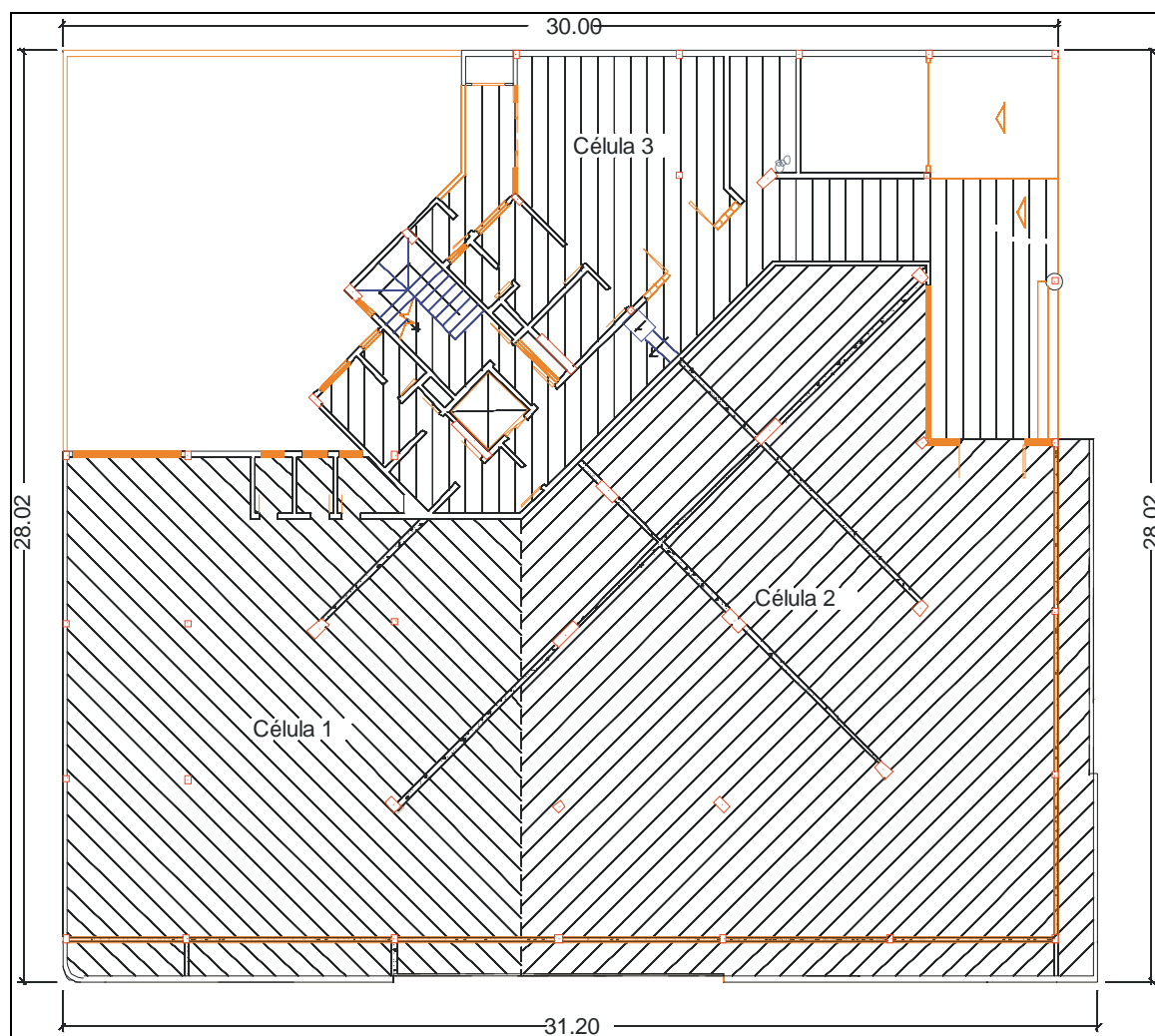


FIGURA 10: Localização da célula 1 dentro do pavimento térreo

A figura 11 mostra detalhes da célula 1. Nota-se que as vigas V219, V221, V223 e vigas transversais à marquise foram salientadas por serem objeto de reboco e requadramentos. Nos pilares P22, P35, P41 e P43 tiveram que ser feitos enchimentos com concreto para esconder a tubulação de esgoto. No P38 foi preciso ser erguida uma parede (mucheta) com tijolos maciços para esconder os vários tubos de esgoto existentes.

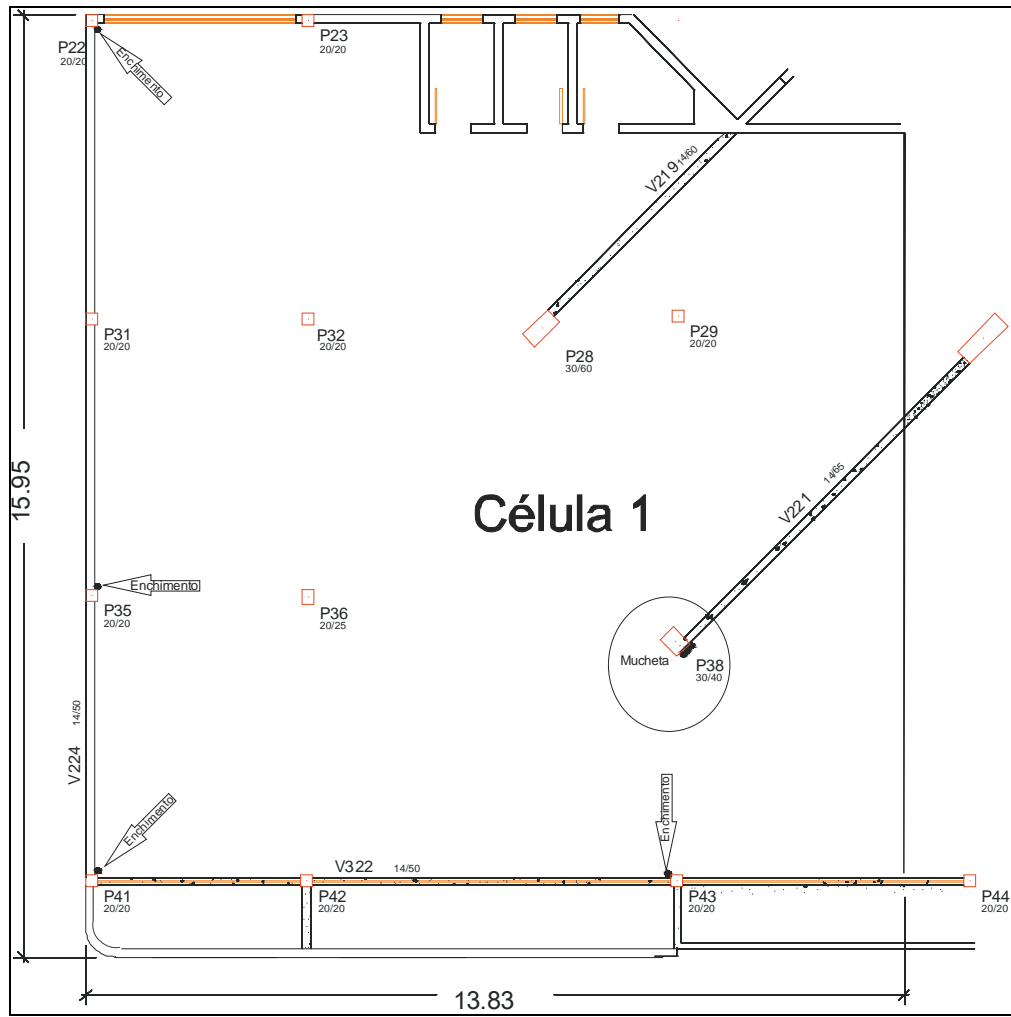


FIGURA 11: Detalhes da célula 1



FOTO 1: Vista lateral esquerda da célula 1 vendo-se à esquerda o pilar P38, ao centro o pilar P36 e ao fundo os pilares P35 e 41



FOTO 2: Vista lateral direita da célula 1, vendo-se à esquerda os pilares P29 e P28 e à direita os vãos das portas dos banheiros



FOTO 3: Indicação do limite entre a célula 1 e o restante do pavimento



FOTO 4: Formas e escoramentos da viga V223 e abaixo, mureta de alvenaria.

A célula real descrita por Hyer e Brown (1999) só é possível no ambiente de fábrica onde os produtos são processados e transformados pelas operações dentro da célula de manufatura. Para o ambiente da construção civil, especificamente neste estudo, procurou-se adaptar alguns conceitos, a fim de se aproximar do conceito de célula de manufatura: a utilização dos serventes contraria o conceito de polivalência por serem apenas auxiliares e não possuírem habilidade para executar as tarefas dos profissionais; o conceito de autonomia também é reduzido para os serventes por terem baixa qualificação e mesmo os profissionais tem a sua autonomia limitada neste estudo, devido ao pouco tempo de treinamento e aplicação, o que obrigou a empresa a fazer as inspeções com pessoal externo, neste caso os estagiários da empresa, a fim de evitar a ocorrência de serviços não conformes.

A área da célula é de 204,00 m² e tem as dimensões de aproximadamente 13,83m por 15,95m onde foi programado para ser executado um lote de fabricação discriminado na ordem de serviço apresentada no Quadro 5 do item 3.7 que será descrito adiante.

3.5 CARACTERÍSTICAS DOS OPERADORES E FORMA DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA

O local escolhido para o estudo de caso possuía algumas das características

necessárias para a implantação da célula de produção: área aberta, com pequenas dimensões o que permite que os operadores e as atividades possam ser visualizados, onde os membros do grupo podem se comunicar e interagir entre si com o objetivo de realizar o trabalho proposto dentro de um espírito de equipe, apesar dos componentes não terem afinidades ou um relacionamento muito longo, conforme se observa na descrição das características pessoais ilustradas no Quadro 3.

A meta foi apresentada e os componentes do grupo aceitaram o desafio de realizar o pacote de trabalho dentro do prazo estabelecido, sendo oferecido um pagamento baseado em estimativa de tempo para concluir a tarefa. Este bônus seria para realizar o pacote completo de serviços constantes na ordem de serviço, os quais só seriam aceitos como concluído após todos os itens estarem terminados. Para estimular e motivar as pessoas foi oferecido um prêmio pela antecipação na conclusão dos serviços e definido que o grupo de operadores da célula não correria o risco de perder parte da sua remuneração se não concluísse o trabalho dentro do prazo estabelecido.

Esta foi uma maneira de evitar a desistência e o desestímulo da equipe, durante a implantação do estudo de caso.

O grupo responsável pelos trabalhos da célula foi em número compatível com o volume de atividades descritas na ordem de serviço e com um prazo de execução curto a fim de permitir ao trabalhador vislumbrar o tempo necessário para a conclusão. Os serviços que fizeram parte do pacote de trabalho permitiram a execução em um fluxo contínuo, o que dependeu da seqüência e do ritmo necessários para evitar perdas por trabalho em processo, retrabalho e espera. Estas atividades não dependiam de outros serviços precedentes, com exceção das instalações elétricas e hidro-sanitárias, executadas por terceiros, os quais teriam de ser cobrados pela equipe da célula, a fim de não atrasar o prazo de conclusão.

Segundo Schuring (1996) o grupo de operadores da célula deve ser constituído com um número suficiente de componentes, que permita a comunicação eficiente entre os membros e dentro de uma área claramente demarcada, no caso deste estudo uma célula de trabalho. Segundo o autor deve-se também evitar a interferência entre grupos. A área foi delimitada com dimensões tais que permitiu aos operadores estarem próximos o suficiente para interagir, trocar informações, experiências e onde os operários conseguiram visualizar todas as etapas sendo executadas e se comunicar entre si.

A equipe de trabalho foi composta por quatro operários com as seguintes características pessoais descritas no Quadro 4.

Operário/função	Características pessoais	Tempo na empresa
Profissional 1	Possui habilidades em várias funções, já trabalhou como autônomo e empreiteiro. Possui iniciativa, criatividade e alta produtividade.	Está na empresa há quatro meses, mas já trabalhou anteriormente por 8 meses.
Profissional 2	É pedreiro e carpinteiro, costuma trabalhar como autônomo e empreiteiro. Precisa ser fiscalizado para produzir, qualidade do serviço razoável.	Está na empresa há um mês, mas já trabalhou anteriormente por seis meses.
Servente 1	Já trabalhou na construção civil como servente, possui boa vontade, iniciativa, colabora com o grupo.	Iniciou na empresa há dois meses.
Servente 2	Servente com experiência em construção civil, tem problemas familiares, falta com frequência, só produz quando fiscalizado.	Iniciou na empresa há dois meses.

QUADRO 4: Dados dos operários da célula 1

3.6 TREINAMENTO

Foi realizado treinamento aos operários, com duração de quatro horas, sendo que foram 2 horas no dia 31 de março e duas horas no dia 03 de abril de 2006, utilizando-se para isto, quadros com definições e conceitos, transmitindo-se verbalmente as informações. Inicialmente foram apresentados os conceitos da produção enxuta, onde foram repassados os objetivos de trabalhar dentro deste novo paradigma e quais as vantagens de se adotar estas ferramentas.

Posteriormente foram repassados conhecimentos sobre o conceito de células de produção, seu funcionamento, características, vantagens, objetivos, normas, conceito de autonomia e responsabilidade dos operadores. Foi salientado o objetivo fundamental de trabalhar em equipe e de forma sequencial.

Foram repassados o sequenciamento proposto pelo pesquisador e que está descrito no Quadro 5 (para permitir o trabalho em fluxo contínuo), e flexibilizado aos operadores a possibilidade de os mesmos realizarem mudanças neste sequenciamento, desde que respeitassem os requisitos mínimos determinados nos procedimentos de cada serviço.

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA										
Serviço: CÉLULA 1										
Equipe:	Profissional 1					Profissional 2				
	Servente 1					Servente 2				
Local: Segundo pavimento					Obra: Edifício Lafayette					
Início previsto: 03/04/2006					Término previsto: 13/04/2006					
Início efetivo:					Término efetivo:					
Serviços										
Alvenaria tijolos maciços (pilar) com o chumbamento de ferros 6,3mm a cada 3 fiadas										
Desforma da viga da fachada (V223)										
Colocação de eletrodutos e tomadas pelos eletricitistas										
Alinhamento das caixas de tomadas existentes										
Chapisco das alvenarias e pilares										
Chapisco das vigas										
Colocação de formas de enchimento e concretagem										
Retirada das formas do enchimento e chapisco										
Colocação de ralos e tubos de esgoto dos bwc pelo encanador										
Reboco dos banheiros										
Reboco e requadramento dos pilares										
Reboco e requadramento das vigas										
Reboco das alvenarias										
Requadramento das janelas										
Requadramento do painel inferior										
Arremates do concreto da laje e painel da platibanda superior										
Limpeza do contrapiso										
Taqueamento do contrapiso										
Execução do contrapiso										
Taqueamento e execução do contrapiso da marquise										
Conserto do reboco da parede do banheiro										
SEQUÊNCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DATA (dia do mês de abril)	03	04	05	06	07	08	10	11	12	13

QUADRO 5: Diagrama de sequência sugerido

Por último, foram realizados treinamentos para o pessoal da célula nos procedimentos documentados de alvenaria, reboco e contrapiso, apesar dos profissionais já terem sido treinados nestes procedimentos quando da admissão com o objetivo de informar aos serventes a maneira correta de executar os serviços e de fixar a maneira correta de executar os processos utilizados no estudo.

É importante destacar que os trabalhadores foram estimulados a propor mudanças nos procedimentos e seqüências que possibilitassem o aumento da produtividade e, conseqüentemente, a conclusão antes do prazo estabelecido. Estas alterações nos procedimentos dos serviços da empresa deveriam passar pelo aval da diretoria, portanto, obedecer ao critério de mínima especificação conforme Morgan (*apud* SCHURING, 1996).

Esta atitude permitiu a autonomia e a iniciativa por parte dos trabalhadores, para contestar e propor as melhorias que revertersem em ganhos para o grupo e para a empresa.

As atividades foram inspecionadas de acordo com o andamento dos serviços e somente liberados após a inspeção.



FOTO 5: Treinamento dos operários no local da célula

3.7 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA CÉLULA, FORMA DE REMUNERAÇÃO E PRAZO DE CONCLUSÃO

ORDEM DE SERVIÇO			
Obra: EDIFÍCIO LAFAYETTE			
Local:	Segundo pavimento - CÉLULA 1	Data do provável início: 03/04/06	Data do início efetivo:
QUANTIDADE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS		
4,48 m ²	Alvenaria de tijolos maciços de cutelo no pilar P38 (mucheta), com o chumbamento com adesivo epóxi de ferro de 6.3mm a cada 3 fiadas		
1 pç.	Desforma da viga da fachada (V223)		
6 un	Alinhamento das caixas de tomadas existentes		
72,64 m ²	Chapisco das alvenarias de tijolos maciços, pilares, enchimentos de concreto, vigas e muretas		
4 pilares	Montagem de formas para enchimento e concretagem		
4 pilares	Desforma dos enchimentos e chapisco		
27,96 m ²	Reboco das paredes dos banheiros		
40,99 m ²	Reboco dos pilares		
5,75 m ²	Reboco das vigas V219 e V221		
15,94 m ²	Reboco da viga da fachada V223 e vigas transversais		
12,45 m ²	Reboco das muretas e alvenarias de tijolos maciços		
216,84 m	Requadramento de pilares, vigas, painéis, alvenarias, janelas e muretas		
5,40 m ²	Arremates no concreto do painel da platibanda superior		
13,47 m ²	Arremates no concreto da laje marquise superior		
1 un	Conserto do reboco da parede externa do banheiro (desvio de planeza)		
206,00 m ²	Limpeza do contrapiso		
190,00 m ²	Taqueamento e execução do contrapiso da sala		
16 m ²	Taqueamento e execução do contrapiso da marquise		
Os serviços devem estar de acordo com os padrões e tolerâncias exigidos pela empresa, que serão fiscalizados e inspecionados pelo engenheiro e estagiários. Só será considerado entregue o serviço se for aprovado na inspeção.			
PRAZO DE EXECUÇÃO			
Início: 03 / 04 / 2006		Término: 13 / 04 / 2006	
COMPONENTES			
Profissional 1			
Profissional 2			
Servente 1			
Servente 2			
FORMA DE REMUNERAÇÃO			
O pagamento será para executar este pacote de serviços no prazo estipulado, que inclui um sábado e nove dias de trabalho normais.			
Se conseguirem terminar antes do prazo, receberão o valor dos onze dias do pacote mais os dias de antecipação, cujo valor será proporcional ao salário mensal de cada operário.			

QUADRO 6: Ordem de serviço

Foi emitida uma ordem de serviço com a relação de tarefas a serem executadas no local da célula 1 que estão discriminadas no Quadro 6.

Este lote de produção foi definido de acordo com Santos (1999), por apresentar grupos de tarefas similares e afins, necessárias para concluir esta etapa da obra e que serão entregues ao próximo cliente interno (célula seguinte a ser constituída no mesmo local, composta pelas atividades de colocação de soleiras e pingadeiras, colocação de revestimento cerâmico e pintura). A obra foi entregue ao grupo da célula antes do início dos trabalhos, com a explicação sobre os serviços que seriam executados. Foram mostrados os locais onde as equipes de instalações hidro-sanitárias e elétricas deveriam executar o seu trabalho, com o objetivo de informar e delegar à equipe da célula a tarefa de entrar em contato com os encanadores e eletricitistas para realizarem as tarefas quando necessário.

Fizeram parte do pacote de trabalho além das atividades normais de execução de alvenaria, reboco e contrapiso, vários arremates e consertos tais como requadramentos, conserto de reboco, alinhamento de caixas de tomadas, execução de muchetas, enchimento de concreto para embutimento de tubos de esgoto, que exigem bastante trabalho e geram pouca produtividade.

Os serviços executados na célula 1 estão numerados, localizados (local da aplicação) e descritos a seguir. O reboco executado foi do tipo massa única, com argamassa de cimento, cal hidratada e areia, de acordo com os procedimentos da empresa. O contrapiso foi do tipo sarrafeado na sala comercial e do tipo desempenado na área da marquise. Os enchimentos foram executados com concreto e as formas com compensado e madeira de pinho. O chapisco foi feito com argamassa de cimento e areia aplicado com colher de pedreiro. Segue abaixo, a descrição de todos os serviços da célula:

1. Alvenaria de tijolos maciços assentes a cutelo, ao redor do pilar P38 e chapisco;
2. Desforma da viga da fachada (V223);
3. Colocação de eletrodutos e tomadas na mureta abaixo da V223 e sob o contrapiso pelo eletricitista;
4. Alinhamento e requadrado das caixas de tomadas existentes na parede. (estas tomadas estavam desalinhadas e fora de nível);
5. Chapisco da mureta de alvenaria abaixo da viga V223, e da extremidade superior dos pilares (o restante da altura dos pilares já estava com o chapisco pronto);

6. Chapisco das vigas V219, V221, V223 e do painel da marquise inferior;
7. Montagem das formas e enchimento de mucheta com concreto para esconder as tubulações de esgoto dos pilares P22, P35, P41 e P43;
8. Retirada das formas dos pilares P22, P35, P41 e P43, e execução de chapisco;
9. Colocação de ralos e tubos de água e esgoto nos banheiros pelo encanador;
10. Reboco nas paredes e requadramento das janelas dos banheiros;
11. Reboco e requadramento de todos pilares;
12. Reboco e requadramento das vigas V219, V221 e V223;
13. Reboco e requadramento da mureta de alvenaria sob a viga V223 e do painel da marquise inferior;
14. Requadramento da janela nos fundos da sala;
15. Arremates e regularização do concreto da laje e painel da marquise superior;
16. Limpeza e remoção de restos de formas e excesso de concreto da laje de piso da sala;
17. Execução de contrapiso sarrafeado com argamassa de cimento e areia na sala;
18. Limpeza e remoção de restos de formas e excesso de concreto da laje de piso da marquise inferior (mesmo nível da sala);
19. Execução de contrapiso desempenado com argamassa de cimento e areia na marquise inferior.

O Quadro 7 mostra os quantitativos de todos os serviços da célula, os custos de cada item em valores unitários, utilizados pela empresa para a elaboração de orçamentos e para o pagamento de serviços por empreitada e o total pago a cada um dos itens que fazem parte da célula.

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Alvenaria de tijolos maciços	4,48	m ²	3,00	13,44
Alinhamento das caixas de tomadas existentes	6,00	peça	10,00	60,00
Chapisco das alvenarias, vigas e pilares	72,64	m ²	0,50	36,32
Conserto do reboco da parede do banheiro	5,00	m ²	3,50	17,50
Concretagem de enchimento de concreto	0,72	m ³	165,00	118,80
Execução de contrapiso reguado	190,00	m ²	1,50	285,00
Execução de contrapiso desempenado (marquise)	16,00	m ²	2,50	40,00
Reboco tipo massa única	100,60	m ²	2,50	251,50
Requadramento de quinas de reboco	216,84	m	1,75	379,47
Arremates no concreto da laje e painel da platibanda	18,87	m ²	2,50	47,17
TOTAL				1.249,20

QUADRO 7: Discriminação das tarefas da célula e preço de cada item.

O Quadro 8 relaciona todos os serviços da célula e a estimativa de duração de cada atividade baseada nas tabelas de composição de serviços TCPO 12 da Editora Pini e em dados utilizados pela empresa.

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	QUANTIDADE	NÚMERO DE HOMENS-HORA POR UNIDADE DE SERVIÇO	TOTAL (HH)
Alvenaria de tijolos maciços	4,48 m ²	1,80 HH/m ²	8,06 HH
Alinhamento das caixas de tomadas existentes (estimativa da empresa)	6,00 pç.	0,50 HH/pç	3,00 HH
Chapisco das alvenarias, vigas e pilares	72,64 m ²	0,40 HH/m ²	29,06 HH
Conserto do reboco da parede do banheiro	5,00 m ²	1,20 HH/m ²	6,00 HH
Execução, montagem e escoramento de formas para o concreto dos enchimentos	7,26 m ²	1,51 HH/m ²	10,96 HH
Preparação de concreto dos enchimentos	0,72 m ³	6,00 HH/m ³	4,32 HH
Transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto dos enchimentos	0,72 m ³	3,24 HH/m ³	2,33 HH
Execução de contrapiso reguado	190,00 m ²	0,50 HH/m ²	95,00 HH
Execução de contrapiso desempenado (marquise)	16,00 m ²	0,80 HH/m ²	12,80 HH
Reboco tipo massa única	100,60 m ²	1,20 HH/m ²	120,72 HH
Requadramento de quinas de reboco (Utilizado um índice de produtividade baseado em dados da empresa que é de 50% da produtividade de 1,0 m ² de reboco)	216,84 m	0,60 HH/m ²	130,10 HH
Arremates no concreto da laje e painel da platibanda (Utilizado o índice de produtividade do serviço Gesso aplicado em parede ou teto interno da TCPO)	18,87 m ²	0,49 HH/m ²	9,25 HH
TOTAL			431,60 HH

QUADRO 8: Discriminação das tarefas da célula e duração dos serviços baseada na TCPO.

Para a produção de argamassa e concreto foi disponibilizada uma betoneira exclusiva para a equipe.

Os materiais utilizados na célula foram solicitados pelo líder da equipe durante o período de duração do estudo de caso. Foram utilizados cimento, areia, cal, tijolos e blocos cerâmicos.

Estas atividades tiveram os tempos para execução baseados na experiência da empresa. O tempo estimado foi de onze dias, equivalentes a 356 homens-hora que estão descritos no Quadro 9.

DISCRIMINAÇÃO DAS HORAS A SEREM TRABALHADAS SEGUNDO ESTIMATIVA DA EMPRESA										
DIA DO MÊS	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13
DIA DA SEMANA	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sábado	segunda	terça	quarta	quinta
NUMERO DE HORAS	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9
TOTAL DE HOMENS/HORA	89 HORAS x 4 HOMENS = 356 HOMENS/HORA									

QUADRO 9: Discriminação das horas a serem trabalhadas na execução da célula, segundo estimativa da empresa

A proposta apresentada aos operários foi de realizar um teste neste local para verificar a viabilidade da utilização do conceito de células de produção.

O pagamento foi estipulado para executar todos os serviços no prazo proposto, sendo que se o serviço fosse concluído antes, os operários ganhariam os dias de antecipação. Este prêmio está baseado em experiência realizada por Ferraz et al. (2005), onde o sistema de remuneração foi semelhante. Se a equipe não concluísse a meta, não haveria desconto, ganhando os operários pelo piso salarial.

3.8 RESUMO

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso qualitativo que utilizou recursos como a observação direta dos operários e das tarefas realizadas, registrando as evidências do trabalho em célula através da coleta de dados como registros fotográficos, dados de produção, indicadores de produtividade baseados na TCPO da editora Pini, custos internos da empresa e

produtividade interna. Foi utilizada metodologia para comparar a situação ideal proposta por Hyer e Brown (1999) quanto às características de célula real. O local do estudo de caso foi caracterizado, o pacote de trabalho e a duração pretendida foram propostos aos operários. Foram descritas as características dos operadores e realizado treinamento básico nos procedimentos e conceitos de células de produção. Foi elaborado um questionário aos operadores da célula e estagiários da empresa com o objetivo de coletar evidências do trabalho em célula.

Os operadores receberam os projetos e um diagrama contendo a seqüência ideal dos serviços a fim de auxiliá-los na execução das tarefas. A utilização do modelo de seqüência facilitou o entendimento e permitiu que os operadores pudessem aprimorar a ordem de execução das tarefas utilizando o seu conhecimento e criatividade. De posse destes dados e após um treinamento básico nos procedimentos e conceitos de produção enxuta, os operários iniciaram os trabalhos com objetivo de cumprir a meta antes do prazo previsto.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

A obra objeto do estudo foi executada por empresa de construção de pequeno porte, estabelecida no interior de Santa Catarina. Os operadores da célula implantada receberam treinamento nos princípios da produção enxuta e posteriormente no conceito de células de produção. O estudo de caso foi realizado em obra executada por esta empresa, cuja descrição segue adiante.

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa objeto do estudo está estabelecida em Chapecó - Santa Catarina desde 1996, atuando no mercado da cidade em obras privadas residenciais, comerciais e industriais, tendo já executado obras públicas para o INSS e Prefeitura Municipal de Chapecó.

Iniciou no ramo da construção civil executando obras de recuperação de patologias construtivas, tendo se dedicado atualmente à construção de residências de alto padrão, edifícios comerciais e reformas.

Aderiu em 2003 ao PBQP-H, sendo certificada com o nível C. Deste sistema de qualidade preservou apenas os itens que efetivamente impactam no desempenho da empresa, como padronização de serviços, instruções de trabalho documentadas, treinamento dos funcionários, política da qualidade, procedimentos e inspeções em 100% dos serviços e materiais.

Possui atualmente 19 funcionários próprios, divididos em três obras. Terceiriza os serviços especializados de instalações hidro-sanitárias, instalações elétricas e impermeabilizações.

No setor administrativo, possui um encarregado do setor financeiro e pessoal, um auxiliar administrativo, dois estagiários de engenharia civil e o proprietário que é também o engenheiro civil responsável técnico pela empresa. Portanto, possui uma estrutura pequena e com baixo custo com o intuito de otimizar ao máximo os recursos.

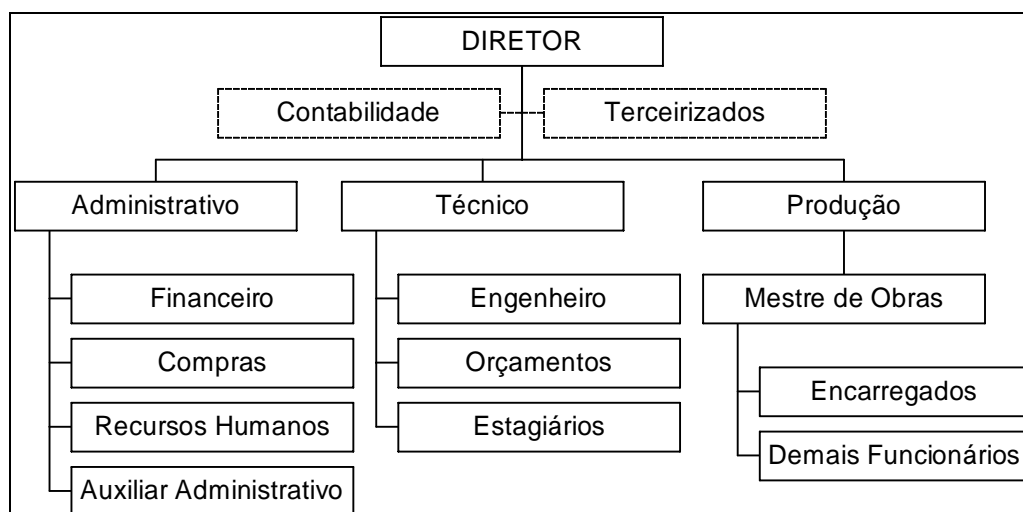


FIGURA 12: Organograma da empresa

A empresa não possui um sistema formal de planejamento. Atualmente encontram-se em fase de implantação os planejamentos de médio prazo e curto prazo. O planejamento de longo prazo é elaborado quando do início das obras.

A distribuição dos serviços entre os operários é feita pelo mestre de obras, baseado em prazo estipulado pelo engenheiro civil, utilizando-se da sua experiência em obras anteriores. Portanto, a definição do ritmo, a quantidade de pessoal e a alocação das equipes dependem da competência do mestre. O engenheiro somente participa quando verifica que os prazos para conclusão das diversas etapas correm o risco de não serem cumpridos. Neste caso, o que normalmente ocorre é a contratação de pessoal de emergência para cumprir os prazos, o que acarreta um aumento no custo final. Em função destes problemas, estão sendo implantados os planejamentos de médio e curto prazo.

A empresa tem alta rotatividade de profissionais e serventes, devido a cobranças de desempenho e qualidade, devido à baixa oferta de pessoal qualificado no mercado e também ao ciclo curto de duração das obras.

Apesar das dificuldades em adaptar os conceitos de célula de manufatura e da produção enxuta ao ambiente da construção civil, particularmente numa pequena empresa, sem a maturidade gerencial necessária para a sua aplicação integral, os assuntos pesquisados permitiram a implementação do arranjo celular ao menos parcialmente, e seu estudo e aplicação auxiliou na busca de evidências dos princípios e conceitos estudados.

4.2 DESENVOLVIMENTO

O primeiro dia foi importante, por ser o início dos trabalhos, quando surgiram evidências da aplicação dos princípios da produção enxuta e do trabalho em equipe.

Os materiais utilizados na execução dos serviços, com exceção do cimento e da areia que eram solicitados pelo grupo de acordo com a necessidade, bem como as ferramentas, andaimes, réguas de madeira, réguas de alumínio, carrinhos, betoneira e material de limpeza, foram disponibilizados no dia anterior ao início dos trabalhos.

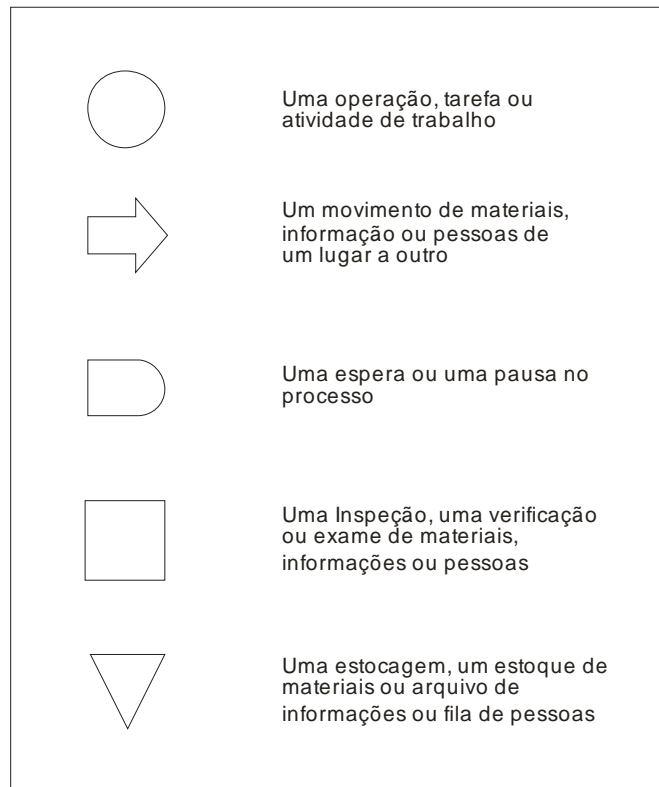
Com a demarcação da área da célula através de faixa pintada no piso e fita zebra, proibiu-se a entrada dos operários que não faziam parte da equipe. O mestre de obras deu o suporte para o grupo poder trabalhar sem interrupção no local da célula. Criou-se a figura de que os operários estavam confinados. Esta medida permitiu que os trabalhadores do grupo tivessem todas as ferramentas e equipamentos disponíveis, sem ter de emprestar aos colegas, o que acontecia segundo depoimento de um dos profissionais frequentemente, atrasando o desenvolvimento dos serviços, ou seja, as ferramentas pessoais eram emprestadas, assim como os andaimes ou partes deles eram retirados e não devolvidos a tempo.

A equipe, formada por dois profissionais e dois serventes, iniciou os trabalhos com a distribuição das tarefas coordenada pelo profissional mais antigo, escolhido pelo grupo pela sua maior experiência através de iniciativa dos próprios componentes da célula. Este líder era quem fiscalizava as tarefas, calculava a quantidade de argamassa ou concreto necessária para os serviços a serem realizados durante o dia e dava instruções de como proceder a execução dos processos quando os demais componentes do grupo solicitavam ou quando este verificava que estavam sendo feitos de maneira errada.

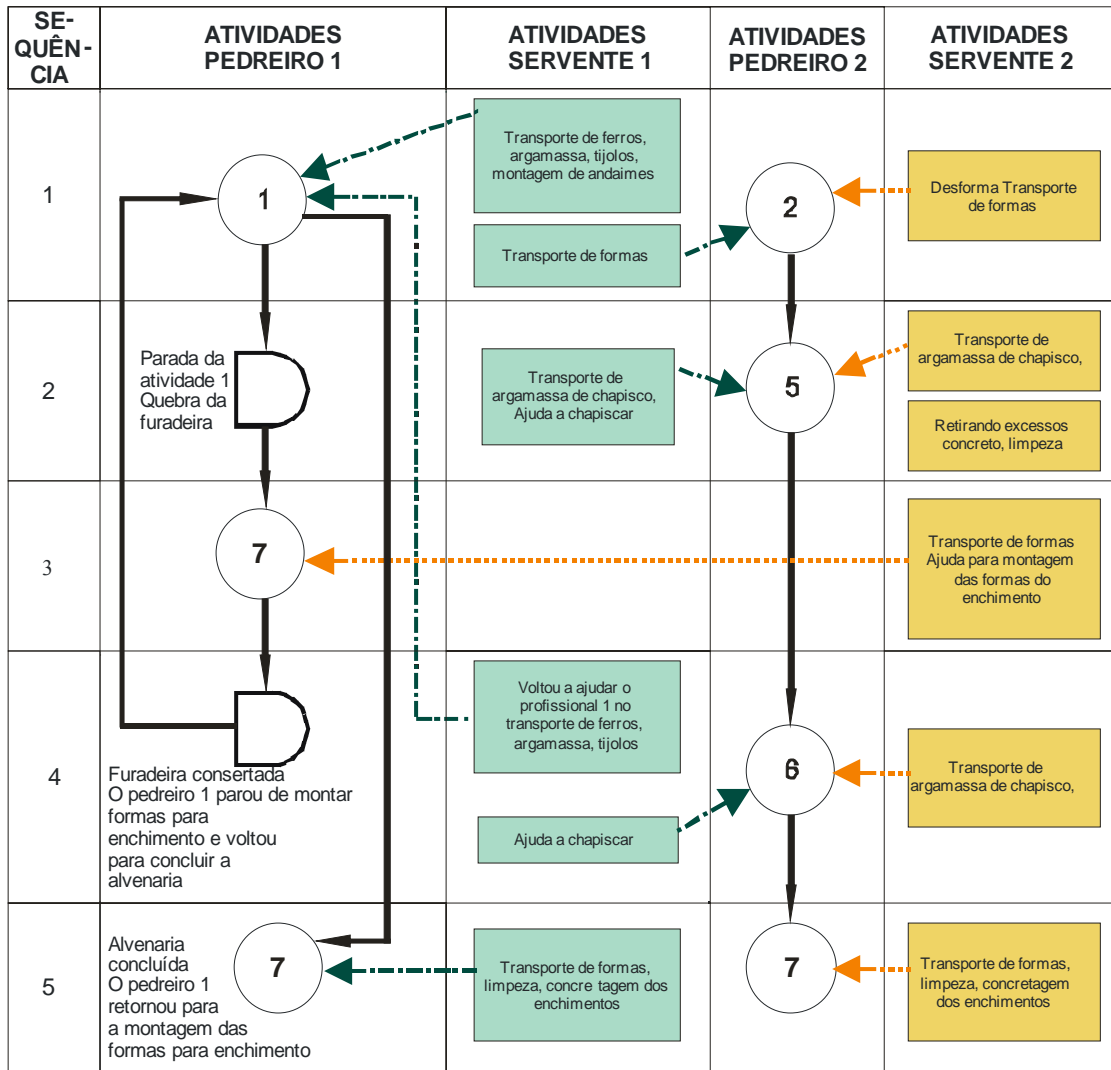
Durante o período de aplicação do estudo de caso, o pesquisador não forneceu nenhuma informação sobre a mudança no sequenciamento e também não foi solicitado o seu auxílio no desenvolvimento dos trabalhos. A equipe trabalhou de maneira autônoma, determinando o ritmo e a seqüência que entendiam ser a ideal para alcançar a meta desejada.

Para explicar a seqüência aplicada pelos operários no primeiro dia de serviço foi desenhado no Quadro 11 o diagrama indicando as atividades, as seqüências de cada um dos operários e as interações entre eles, cujos símbolos que representam as atividades estão discriminados no Quadro 10. Este diagrama foi elaborado para permitir a visualização da

sequência dos trabalhos e as situações em que os operários se auxiliavam mutuamente. O ideal seria a utilização de um diagrama homem-máquina, mas devido ao fato de ocorrerem poucas paradas e à dificuldade de monitorar o tempo efetivamente utilizado para realizar cada tarefa, foi optado por utilizar o diagrama do Quadro 11, que permite a visualização das evidências importantes para o estudo.



QUADRO 10: Simbologia empregada para a elaboração de fluxo de processos
Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002, p.152).



Legenda:

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Interrupção de atividade/ espera
	Tarefa realizada pelo servente 1
	Tarefa realizada pelo servente 2
	Deslocamento realizado pelo servente 2 para auxiliar diretamente os profissionais indicados.
	Deslocamento realizado pelo servente 1 para auxiliar diretamente os profissionais indicados.
	Alvenaria de tijolos maciços assentes a cutelo ao redor do pilar P38 e chapisco.
	Desforma da viga da fachada (V223)
	Chapisco da mureta de alvenaria abaixo da viga V223 e da extremidade superior dos pilares (o restante da altura dos pilares já estava com o chapisco pronto).
	Chapisco das vigas V219, V221, V223 e do painel da marquise inferior

QUADRO 11: Diagrama das atividades executadas no primeiro dia e sequência de cada operário

Conforme se observa no diagrama do Quadro 11, os operários procuraram realizar as tarefas de modo a evitarem paradas futuras executando primeiramente as tarefas que poderiam atrasar etapas posteriores, como a desforma, alvenaria e os enchimentos de pilares, deixando por último o contrapiso e o nivelamento das caixas de tomadas.

Os profissionais dividiram as tarefas e os serventes auxiliaram ora um ora outro profissional, fornecendo os materiais na hora certa para evitar paradas desnecessárias.

Com a disponibilização de uma betoneira para a equipe, não foi necessário programar o fornecimento de argamassa; quando necessário os serventes preparavam a quantidade solicitada e entregavam na hora certa.

As primeiras tarefas realizadas foram as que poderiam potencialmente se transformar em gargalo, sendo uma evidência de antecipação e da sequência correta :

- A alvenaria, que necessitava de chapisco, que por sua vez, de acordo com o procedimento da empresa, precisa de no mínimo 72 horas de cura para depois ser aplicado o reboco;
- A desforma da viga V223, que precisava também ser chapiscada;
- O chapisco restante de vigas, pilares e alvenarias;
- A concretagem dos enchimentos para esconder os tubos de esgoto, que também necessitam de chapisco para poderem ser rebocados.

Os serventes cuidaram da limpeza do local de trabalho, sem ser necessário os profissionais mandarem. Esta atividade poderia ser feita também pelos profissionais se fosse necessário, mas estes procuraram executar as tarefas que possuíam mais habilidade delegando aos serventes as atividades auxiliares.

O profissional 1 utilizou um artefato para aprumar a alvenaria de tijolos maciços para embutir as tubulações do pilar (fotos 6, 7 e 8) composto de ripas amarradas no pilar com um fio de náilon em cada canto de parede preso na intersecção das ripas e depois de aprumado, fixado no piso com prego de aço. Desta maneira, o tempo para execução da parede foi reduzido devido à eliminação da atividade de aprumar os tijolos dos cantos, diminuindo assim o tempo de uma atividade auxiliar que não agrega valor para execução do processo de alvenaria (redução do tempo de fluxo). Esta iniciativa trouxe ganhos para todo o grupo e só foi possível devido ao fato de ser dado autonomia para a equipe para alterar os procedimentos com o objetivo de diminuir o tempo da operação.



FOTO 6: Detalhe de equipamento improvisado utilizado para eliminar a tarefa de aprumar os cantos da parede em cada fiada



FOTO 7: Detalhe da alvenaria sendo executada com o auxílio das linhas-guia aprumadas para eliminar a atividade de colocar o prumo a cada fiada



FOTO 8: Detalhe da fixação das linhas-guia na laje com prego de aço.

Neste primeiro dia aconteceu a primeira parada, ocasionada por um defeito na furadeira utilizada para furar o pilar, a cada três fiadas, para colar com adesivo epóxi uma barra de ferro para fixar a alvenaria no pilar de concreto. O profissional que estava executando este serviço, imediatamente iniciou a montagem das formas para embutir os tubos de esgoto, dando seqüência nos serviços, o que constituiu mais uma demonstração de autonomia e responsabilidade com a continuidade das atividades.

Após o conserto da furadeira, o profissional 1 voltou e terminou de assentar os tijolos da mucheta e em seguida chapiscou esta alvenaria, a fim de ganhar tempo e antecipar a atividade de reboco, só permitida após 72 horas de cura do chapisco. Esta atitude minimizou o tempo de estoque em processo. A foto 9 mostra a mucheta de tijolos maciços já chapiscada.



FOTO 9: Detalhe da alvenaria de tijolos maciços pronta e chapiscada, serviço executado no primeiro dia.

No anexo G está descrito o diagrama de processos realizados no segundo dia do estudo de caso, quando surgem as primeiras evidências de trabalho em equipe e treinamento nas diversas atividades. Exemplos são o fato do servente 1 ajudar a lançar argamassa de reboco nos banheiros, depois ajudar a desempenar os arremates de concreto. Da mesma forma, o profissional 1 auxilia o profissional 2 a montar andaimes para execução dos arremates de concreto juntamente com o servente 1.

No terceiro dia constatou-se que o treinamento no procedimento de revestimento de paredes com argamassa, juntamente com as instruções dos profissionais, auxiliou os serventes na realização de tarefas que eram executadas somente pelos profissionais quando aconteceu a primeira participação do servente 2 na atividade de taqueamento para o reboco das vigas.

O quarto dia foi utilizado para os profissionais rebocarem as vigas e pilares e fazerem o arremate de concreto no painel da fachada e na laje marquise superior. Os serviços desenvolveram-se normalmente, com a colaboração voluntária entre os profissionais e os serventes.

Os profissionais continuaram se auxiliando mutuamente, assim como os serventes colaboravam entre si e ajudavam os profissionais.

Notou-se um grande interesse por parte do profissional 1 em organizar a equipe, a fim de não parar o serviço. Os serventes foram orientados para realizar a limpeza do local,

quando não estivessem executando outras atividades auxiliares para os profissionais.

Nos dois últimos dias, foi realizado o enchimento, sarrafeamento e desempenho do contrapiso, após o profissional 1 insistir na presença dos eletricitas e encanadores, para executarem as suas tarefas e liberar a execução do contrapiso, demonstrando preocupação com os processos, com a conclusão do lote que dependia do trabalho dos terceirizados e não apenas com as operações.

O contrapiso e depois o alinhamento das caixas de tomadas foram as últimas tarefas a serem realizadas porque dependiam das atividades anteriores.

4.2.1 ANÁLISE DOS ASPECTOS QUE CARACTERIZAM A CÉLULA


Hyer e Brown (1999) relacionaram uma lista de características da célula de manufatura e as interações com os três elementos de ligação - tempo, espaço e comunicação-. Isto foi utilizado neste trabalho para evidenciar a área em estudo como uma célula, conforme utilizado por Santos et al. (2002). Embora não sejam identificadas todas as características de uma célula de manufatura, as evidências são suficientes para considerá-la como tal.



Todas as características de uma célula real segundo Hyer e Brown (1999) foram checadas e comentadas uma a uma nos itens seguintes.

4.2.1.1 Características que interagiram em termos de tempo e influenciaram o desempenho da célula segundo o modelo de Hyer e Brown (1999)

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR TEMPO
1. <u>Pequenos lotes e célula com tamanho reduzido</u>	O tamanho da área utilizada no estudo de caso (aproximadamente 204,00 m ²) e o pacote de trabalho com poucos processos e operações de retrabalho permitiu que fossem concluídos em um curto espaço de tempo. Os operadores em número reduzido puderam se comunicar e visualizar todas as atividades.

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR TEMPO
2. <u>Transferência de pequenos lotes</u>	O pacote de trabalho escolhido para o estudo pode ser considerado pequeno devido à pouca quantidade de serviços e ao curto prazo de execução, portanto pode fazer parte de um conjunto de pequenos lotes que devem ser programados e entregues às células seguintes. O fato de se executar estas tarefas em um curto espaço de tempo possibilita que os defeitos sejam identificados durante a duração da célula permitindo se tomar medidas corretivas e preventivas antes de se executar grande quantidade de serviços.
3. <u>Partes entregues no tempo certo</u>	Com a disponibilização de uma betoneira exclusiva para a fabricação de argamassa e concreto da célula, foi possível habilitar esta característica. Com a participação de dois serventes no grupo, os mesmos tinham tempo disponível para entregar os materiais retirados do estoque da obra aos operadores quando os mesmos necessitaram, sempre na quantidade certa solicitada, eliminando o estoque de produtos e materiais e perdas de tempo por espera.
4. <u>Chegada de materiais conforme a especificação</u>	Os operários foram treinados nos procedimentos documentados pela empresa, onde estão especificadas as características exigidas. Um dos operários possuía treinamento na inspeção dos materiais e repassou aos demais os métodos de inspeção. Com isto evitou-se perdas de tempo com retrabalho ao se utilizar materiais de acordo com a especificação.
5. <u>Controle efetivo de equipamentos e processos</u>	Os profissionais possuíam todas as ferramentas manuais necessárias, que foram colocadas à sua disposição, assim como andaimes, betoneira, réguas, molas para a fixação das réguas, furadeira elétrica, pás e enxadas. Os processos eram controlados pelo grupo, pois a execução de serviço fora dos parâmetros de qualidade não seria aceito, o que atrasaria o cumprimento da meta. Apesar disso, foi necessário se corrigir o reboco de um dos pilares que apresentou desvio de planeza e os requadramentos de algumas janelas, que não passaram na inspeção. Os desvios de planeza, segundo o profissional foram devido à utilização de régua de alumínio com defeito e os problemas nas janelas foram provocados pelo profissional 2 que não possuía a motivação do restante do grupo.
6. <u>Tempos de setup curtos</u>	A utilização de régua para sarrafeamento do contrapiso com comprimento maior do que o utilizado pela empresa possibilitou a redução do número de taliscas e do tempo de preparação da atividade com a colocação das cantoneiras de ferro sobre os tacos para apoiar a régua de metal que serviu para sarrapear o contrapiso. Consequentemente, aconteceu a redução do tempo de setup para a operação de execução de contrapiso.

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR TEMPO
	 <p>FOTO 10: Detalhe da régua de 4,70m de comprimento e das taliscas</p>
<p>7. <u>Estações de trabalho balanceadas</u></p>	<p>A sequência escolhida pelo grupo permitiu que as atividades se desenrolassem dentro de um fluxo contínuo, com as tarefas sendo divididas e compartilhadas pelos operadores para permitir a estabilização dos processos, com exceção da execução de contrapiso, que devido ao pequeno número de auxiliares teve várias paradas. Para evitar estas paradas por espera seria necessária a ajuda de pessoal de fora das células, o que contraria os princípios do leiaute celular.</p>
<p>8. <u>Treinamento em várias tarefas e rotação de trabalho</u></p>	<p>Os funcionários foram treinados nos procedimentos que fizeram parte do pacote de trabalho, inclusive os serventes, o que possibilitou que os mesmos fossem aproveitados para executar tarefas auxiliares que eram de atribuição dos profissionais, como a correção com argamassa de reboco após o sarrafeamento.</p> <p>Os profissionais faziam rotação de trabalho entre eles, o que foi observado durante a etapa de requadramento de vigas e pilares. Primeiramente, os dois profissionais e/ou um profissional e um servente montavam as régua nos pilares e vigas. Depois de colocadas as régua, enquanto o profissional 1 lançava a argamassa nas vigas e pilares, o profissional 2 sarrafeava e desempenava nos mesmos locais. Depois de lançar toda a argamassa, o profissional 2 voltava para ajudar o profissional 1 a desempenar até concluir esta etapa fazendo um fluxo contínuo, sem paradas desnecessárias. Observa-se esta sequência nas fotos 11, 12 e 13.</p>

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR TEMPO
	<div data-bbox="560 315 1409 949">A photograph showing a construction worker in a blue hard hat and light-colored shirt standing on a wooden beam, assisting another worker in mounting a long wooden rule on the beam. The background shows a concrete structure with rebar.</div> <p data-bbox="560 981 1409 1055">FOTO 11: Servente 2 ajudando o profissional 1 a montar as régua na viga.</p> <div data-bbox="560 1218 1409 1890">A photograph showing a construction worker in a light blue shirt and blue pants standing on a wooden beam, throwing a bucket of mortar onto the beam. The background shows a concrete structure with rebar.</div> <p data-bbox="560 1921 1409 1960">FOTO 12: Profissional 1 lançando argamassa na viga.</p>

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR TEMPO
	 <p data-bbox="651 987 1315 1025">FOTO 13: Profissional 2 desempenando reboco de pilar</p>  <p data-bbox="576 1760 1390 1798">FOTO 14: Profissional 1 taqueando a viga com auxílio do servente 2</p> <p data-bbox="547 1854 1422 2022">Os serventes auxiliaram os profissionais na atividade de taqueamento para o reboco, conforme se observa na foto 14, contribuindo para a redução do tempo de execução da atividade de reboco. Esta atividade era executada anteriormente somente por um ou dois pedreiros. Com esta atitude, foi possível reduzir o tempo e o custo para executar o serviço.</p>

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR TEMPO
9. <u>Justaposição de equipamentos relacionados em sequência</u>	Os equipamentos, formas de madeira e ferramentas estavam disponíveis nos locais onde os serviços necessitavam, sendo que a sequência determinada pelo grupo considerava a precedência e a limitação de equipamentos como andaimes e formas, tudo para que os operadores não precisassem parar por falta de algum equipamento que estivesse sendo utilizado em outra atividade. A presença dos equipamentos no local da célula foi importante, pois a prática da empresa era de retirar os equipamentos de outros locais onde estavam sendo utilizados e depois relocá-los em outro local, o que demorava e ocasionava paradas desnecessárias por espera.
10. <u>Políticas de manutenção preventiva</u>	Esta característica não foi explorada no estudo de caso.
11. <u>Operadores treinados em manutenção preventiva</u>	Os operadores não foram treinados em TPM, como se observou com a quebra da furadeira que atrasou o processo de alvenaria.

4.2.1.2 Características que interagiram com o espaço e influenciaram o desempenho da célula segundo o modelo de Hyer e Brown (1999)

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR ESPAÇO
1. <u>Células com tamanho reduzido</u>	As dimensões reduzidas permitiram a execução das tarefas dentro de um espaço pequeno que possibilitou a visualização dos serviços sendo executados, tornando possível o controle dos profissionais sobre o andamento das diversas etapas e também das atividades dos serventes.
2. <u>Justaposição de equipamentos relacionados em sequência</u>	O reduzido espaço da célula permitiu que os equipamentos ficassem próximo dos locais onde eram solicitados. Foi possível definir quais os equipamentos e ferramentas eram necessários para cada tarefa e o momento certo de removê-los para utilizar nas próximas atividades. Este fator influenciou a sequência dos serviços. Os operadores procuraram distribuir as tarefas de tal maneira que todos estivessem ocupados e não precisassem paralisar alguma atividade para esperar a liberação de equipamentos que estivessem sendo utilizados por outro colega.
3. <u>Miniaturização de processos monumento</u>	Os processos de alvenaria, reboco e arremates eram executados anteriormente em toda a obra. Por exemplo, no pavimento onde foi executada a célula, seriam executadas primeiramente todas as alvenarias, depois todo o reboco de paredes, pilares e vigas e por último todos os arremates. Com a implementação deste habilitador, o tamanho da estação de trabalho ficou reduzido, com a utilização de um número menor de equipamentos e ferramentas para executar um lote de serviços de tamanho menor.


CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR ESPAÇO
4. <u>Equipamento que pode ser movido quando a célula necessita mudança</u>	No estudo de caso a célula não se move, mas apenas os equipamentos, ferramentas e operadores que passam pela célula. As partes do produto final são montadas no local e o produto não é transportado a jusante do fluxo.


4.2.1.3 Características que interagiram com a informação e influenciaram o desempenho da célula segundo o modelo de Hyer e Brown (1999)


CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR INFORMAÇÃO
1. <u>Células com tamanho reduzido</u>	As dimensões reduzidas permitiram que as informações fluíssem rapidamente entre os operários. A proximidade física permitiu o acesso às informações sobre mudanças, sequência de tarefas, solicitação de materiais e equipamentos.
2. <u>Treinamento em várias tarefas e rotação de trabalho</u>	<p>As informações sobre os serviços e as dúvidas dos operários foram respectivamente entregues e sanadas com rapidez devido à proximidade entre os operadores. Os serventes conseguiram acompanhar os serviços dos profissionais, e aprender a realizar algumas tarefas básicas com as orientações dos profissionais, tais como desempenar, lançar argamassa e ajudar a taquear.</p>  <p>FOTO 15: Servente 1 executando o lançamento de argamassa de reboco.</p>

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR INFORMAÇÃO
	<p>Quando um operário não conseguia terminar alguma tarefa os outros ajudavam. Quando um funcionário percebia que o outro não tinha a habilidade necessária para realizar determinado serviço, prontamente se dispunha a trocar de atividade para que o trabalho se desenrolasse de maneira constante.</p>  <p>FOTO 16: Serventes desempenando reboco e aplicando argamassa</p> <p>Na foto 16 observa-se o servente 2 corrigindo falhas do enchimento e sarrafeamento e o servente 1 desempenando o reboco, atividades que eram exclusivas dos profissionais.</p>
3. <u>Justaposição de equipamentos relacionados em seqüência</u>	Os equipamentos utilizados pelos operários foram dispostos de tal maneira que houvesse um fluxo contínuo, que foi possibilitado pela comunicação entre os operadores durante o estudo de caso. A proximidade facilitou a comunicação entre os membros do grupo que permitiu que os serventes entregassem em pouco tempo os equipamentos solicitados pelos profissionais.
4. <u>Linguagem comum entre os operadores</u>	Todos os trabalhadores utilizavam os mesmos termos para processos, operações e equipamentos.
5. <u>Relacionamento interpessoal positivo entre os operadores</u>	Durante o estudo de caso não se verificaram discussões entre os membros do grupo, apesar do pouco tempo de convivência, conforme o Quadro 3. Percebeu-se que o profissional 1 trabalhava em um ritmo mais intenso do que o profissional 2. Durante a entrevista com o profissional 1 o mesmo declarou que o outro pedreiro, a partir do segundo dia, começou a boicotar os serviços, segundo ele, com receio de que os índices de produtividade que fossem alcançados nos serviços da célula fossem exigidos sempre. Isto gerou descontentamento e fez com que o profissional mais dedicado passasse a fiscalizar os serviços do outro e delegasse ao mesmo as tarefas mais simples como lançar argamassa e desempenar. Quanto aos serventes, observou-se que procuravam ajudar os dois profissionais, alternando-se entre um e outro.

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR INFORMAÇÃO
6. <u>Compartilhamento contínuo das informações entre os operadores</u>	Todas as alterações no sequenciamento, alterações de procedimentos e idéias de como executar os diversos serviços eram compartilhadas pelos operadores, exceto pelo problema causado pelo profissional 2 já apresentado no item anterior. Segundo o profissional 1, o profissional 2 não dava opinião quando solicitado, limitando-se a fazer o que era determinado pelo grupo.
7. <u>Operadores com habilidade para trabalhar em grupo</u>	Os operários não possuíam experiência de trabalho em equipe, possuíam uma visão individualista, o que prejudicou um pouco o desempenho do grupo.
8. <u>Operadores tem acesso visual a todas as atividades da célula:</u>	Devido à pequena dimensão da célula e por ser uma área aberta, a comunicação entre os operadores foi facilitada, os serventes e os profissionais conseguiam visualizar quando um companheiro necessitava de auxílio.
9. <u>Operadores possuem completa compreensão das tarefas</u>	<p>Foi realizado treinamento antes de iniciar os trabalhos e fixado no quadro a ordem de serviço com a relação e os quantitativos de todos os serviços. Os procedimentos de todos os serviços da obra também estavam disponíveis no local. As dúvidas foram sanadas assim que solicitado tanto pelos profissionais que instruíam os serventes nas atividades auxiliares, quanto pelo engenheiro da empresa. Devido ao pouco tempo na empresa, e por ser um estudo de caso com treinamento básico de poucas horas, foi necessário esclarecer-se as dúvidas durante o período de realização das tarefas.</p> <p>O conceito de célula preconiza a completa compreensão das tarefas antes do início dos serviços, objetivo que não foi atingido integralmente. A linguagem utilizada no material exposto no mural não permitiu a completa compreensão de tudo que estava escrito.</p>
10. <u>Sistema de gerenciamento de controle (visual, computadorizado, manual e auditivo) que tornam as informações rapidamente disponíveis aos operadores</u>	Todas as dúvidas dos operadores, que não conseguissem resolver interpretando os projetos, ordem de serviço e instruções de serviço da empresa eram transmitidas pelo profissional 1 ao escritório da empresa, através de aparelho de comunicação móvel (celular) de sua propriedade. O profissional ligava a cobrar para a empresa que identificava a origem através de aparelho identificador de chamadas e logo após recebia retorno da ligação, esclarecendo as dúvidas por telefone ou pela visita do engenheiro na obra. Este recurso faz uma analogia com o Andon do Sistema Toyota de Produção.
11. <u>Presença de feedback entre as estações celulares e entre a célula e consumidores/ fornecedores</u>	Este aspecto não foi explorado no estudo de caso porque o cliente final não tinha contato com a equipe operacional e não foi realizado o planejamento com as demais células que poderiam fazer parte da obra.

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR INFORMAÇÃO
<p>12. <u>Projeto de tarefas e outras políticas que permitem aos operadores agir em resposta a sinais</u></p>	<p>Esta característica está relacionada à autonomia para melhorar e otimizar os processos com o objetivo de melhorar a qualidade e antecipar a conclusão das tarefas. O prazo estipulado indicado na ordem de serviço e a remuneração financeira podem ser considerados os estímulos que motivaram os operadores à redução do lead time do lote de produção proposto. Para possibilitar esta redução de tempo os operadores propuseram a alteração de procedimentos que são descritos a seguir.</p> <p>Os operadores tiveram a oportunidade e a autonomia para alterar procedimentos (com a aprovação do engenheiro da empresa) e encontrar a melhor sequência a fim de concluir os serviços dentro do prazo previsto. Aconteceram duas situações em que os profissionais propuseram alterações nos procedimentos da empresa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No segundo dia o grupo sugeriu a utilização de argamassa colante para a execução dos arremates no concreto da laje e do painel da marquise superior. O procedimento da empresa era para corrigir o concreto com argamassa de cimento e areia fina com a utilização de adesivo acrílico, para depois executar o lixamento. Estas correções seriam feitas somente nos locais onde houvesse irregularidades. A sugestão foi apresentada e, após análise do engenheiro, foi decidido que seria possível fazer desta maneira, por ser uma área protegida das intempéries. A única dúvida era quanto à possibilidade de se desempenar esta superfície depois de aplicada a argamassa colante. <p>Foi realizado um teste e verificado que era possível obter um acabamento bom com muito menos trabalho do que o previsto aplicando esta camada de revestimento em toda a superfície, conforme se observa nas fotos 17 e 18.</p>  <p>FOTO 17: Profissional 2 aplicando argamassa colante no painel de concreto</p>

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR INFORMAÇÃO
	 <p>FOTO 18: Detalhe do painel em concreto com o arremate de argamassa colante, vendo-se à direita contraste com a superfície bruta.</p> <p>- No quarto dia o profissional 1 sugeriu que se utilizasse, para o sarrafeamento do contrapiso de argamassa, uma régua mais comprida, o que permitiria que se fixasse os tacos com um espaçamento maior. O próprio funcionário trouxe, no outro dia, uma régua de tubo de aço com a seção de 4cm x 7,5cm e comprimento de 4,70 m. Foi feita a conferência da planeza da peça que estava dentro da tolerância admitida pela empresa. O engenheiro aprovou pois como a área a ser enchida com argamassa tinha as dimensões aproximadas de 13,00m x 15,00m, era possível se aumentar o espaçamento das taliscas para 3,70m entre elas, maior do que o procedimento da empresa, que era de 1,50 m. A distância maior entre as taliscas não prejudicou a ergonomia da atividade de sarrafeamento, por se tratar de contrapiso com espessura reduzida (em torno de 2,5cm) demandando pequeno esforço aos operadores, já que os locais com diferença de nível maior do que esta medida foram preenchidos com argamassa leve composta de flocos de EPS, cimento e areia. Com esta alteração no espaçamento das taliscas, foi possível reduzir a atividade de sarrafeamento para a metade do tempo, pois a distância entre os tacos dobrou. Ver fotos 19.</p>

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE AS TAREFAS E OS OPERADORES COM O FATOR INFORMAÇÃO
	 <p data-bbox="678 965 1287 999">FOTO 19: Detalhe do sarrafeamento do contrapiso.</p>
<p data-bbox="244 1137 520 1406">13. <u>Projeto de tarefas e outras políticas, como compensações, que mantêm os operadores responsáveis pelos resultados</u></p>	<p data-bbox="547 1021 1426 1525">A compensação oferecida aos operários influenciou de maneira decisiva na implantação do arranjo celular, pois gerou motivação para executar da melhor maneira e no menor tempo possível as tarefas determinadas. Conforme entrevista com os membros da equipe, este foi um fator que determinou a busca por alternativas para reduzir o tempo de execução dos serviços, com o objetivo de aumentar o ganho da equipe. Diferentemente de uma empreitada, quando somente se remunera os profissionais e se fornece a argamassa na masseira de cada pedreiro, neste caso a colaboração dos serventes foi importante para reduzir o tempo das atividades de fluxo, que não agregam valor, tais como transporte, montagem de andaimes e taqueamento. O treinamento dos serventes em atividades auxiliares, como lançamento de argamassa, enchimento de cavidades e desempenho, liberou os profissionais para adiantar tarefas subseqüentes como colocação de régua para os requadramentos e início do reboco em outros locais.</p>
<p data-bbox="244 1547 520 1608">14. <u>Ambiente de pouco ruído</u></p>	<p data-bbox="547 1547 1426 1608">O local da célula, devido ao tipo de atividades possuía pouco ruído durante a maior parte do tempo de duração das tarefas.</p>

4.3 RESULTADOS RELATIVOS AO PRAZO E CUSTO, À SEQUÊNCIA E AO NÚMERO DE PARADAS

4.3.1 RESULTADOS RELATIVOS AO PRAZO E CUSTO

A duração dos trabalhos da célula foi de 260 homens/hora, sendo que a previsão era para serem executados com 356 homens/hora de acordo com a produtividade média da empresa. O ganho de tempo foi de 26,97% ou de 96 homens /hora de acordo com a estimativa inicial. Esta duração poderia ter sido reduzida se o profissional 2 colaborasse mais com o grupo. O Quadro 12 relaciona os custos com o salário de cada funcionário, sem considerar as leis sociais. Se fossem consideradas as leis sociais o valor seria maior, pois o ganho foi obtido mais rapidamente, sem incorrer em mais domingos, feriados e férias.

Operário	Salário mensal (R\$)	Salário 10 dias (R\$)	Prêmio 2,5 dias (R\$)	TOTAL GASTO COM FUNCIONÁRIOS para executar os serviços da célula (R\$)
Profissional 1	650,00	216,67	54,17	270,84
Profissional 2	600,00	200,00	50,00	250,00
Servente 1	400,00	133,33	33,33	166,66
Servente 2	400,00	133,33	33,33	166,66
TOTAL				854,16

QUADRO 12: Discriminação do custo da equipe durante a execução da célula

Custo baseado no valor pago a empreiteiros (Quadro 4)	Custo real considerando o prêmio	GANHO DA CÉLULA EM REAIS	PERCENTUAL DE GANHO
R\$ 1249,20	R\$ 854,16	R\$ 395,04	31,62%
Total de homens-hora de acordo com a TCPO (Quadro 5)	Total de homens-hora efetivamente utilizados	GANHO DA CÉLULA EM HH (considerando-se dados de produtividade da TCPO)	PERCENTUAL DE GANHO
431,60 HH	260,00 HH	171,60 HH	39,76 %
Total de homens-hora estimados na previsão inicial conforme ordem de serviço	Total de homens-hora efetivamente utilizados	GANHO DA CÉLULA EM HH (considerando-se dados de produtividade da empresa)	PERCENTUAL DE GANHO
356,00 HH	260,00 HH	96,00 HH	26,97 %

QUADRO 13: Resultados obtidos com a implantação da célula




Conforme o quadro 13, o ganho foi de 31,62% em relação aos valores que seriam pagos a empreiteiros da própria empresa, modalidade de pagamento adotada por várias pequenas empresas da região, onde o empregado é contratado como mensalista, tendo direito a férias, décimo-terceiro salário e Fundo de Garantia por Tempo de Serviço com base no salário constante na carteira de trabalho, mas recebe a remuneração mensal baseada na sua produção. O ganho em produtividade foi calculado em relação aos índices da tabela TCPO, tabela utilizada por empresas de construção civil que apresenta valores de produtividade pesquisados em empresas de todo o país, tendo sido de 39,76%. Neste percentual não estão incluídos os ganhos relativos a leis sociais que serão reduzidos pela diminuição do tempo da obra.

4.3.2 RESULTADOS ENCONTRADOS EM RELAÇÃO À SEQUÊNCIA E AO NÚMERO DE PARADAS

A seqüência das tarefas foi acompanhada diariamente, registrando no diagrama os passos seguidos. Observou-se que os operadores não seguiram à risca a ordem de execução sugerida. Absorveram durante o treinamento princípios da produção enxuta e do conceito de células de produção e seguiram instintivamente a maneira mais rápida de executar os serviços, valendo-se dos seus conhecimentos pessoais para atingir a meta proposta e receber o prêmio. Está mostrada no Quadro 14 a seqüência seguida pelos operadores da célula, indicada pelos números de 1 a 8 que estão inseridos sobre a seqüência sugerida (com os quadros hachureados). Os números indicam a seqüência dos serviços realizados efetivamente nos dias indicados na coluna.

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA										
Serviço: CÉLULA 1										
Equipe:	Profissional 1				Profissional 1					
	Servente 1				Servente 2					
Local: Segundo pavimento					Obra: Edifício Lafayette					
Início previsto: 03/04/2006					Término previsto: 13/04/2006					
Início efetivo: 03/04/2006 às 9:30					Término efetivo: 11/04/2006 às 11:30					
Serviços										
Alvenaria tijolos maciços (pilar) com o chumbamento de ferros 6,3mm a cada 3 fiadas	1									
Desforma da viga da fachada (V223)	1									
Colocação de eletrodutos e tomadas pelos eletricitas							7			
Alinhamento das caixas de tomadas existentes								8		
Chapisco das alvenarias e pilares	1									
Chapisco vigas	1	2								
Colocação de formas de enchimento e concretagem	1	2								
Retirada das formas do enchimento e chapisco		2	3							
Colocação de raios e tubos de esgoto dos bwc pelo encanador					5					
Reboco dos banheiros		2			5					
Reboco e requadramento dos pilares			3	4	5	6				
Reboco e requadramento das vigas			3	4	5					
Reboco das alvenarias				4		6				
Requadramento das janelas					5	6				
Requadramento do painel inferior						6				
Arremates do concreto da laje e painel da platibanda superior		2	3							
Limpeza do contrapiso	1	2	3	4		6				
Taqueamento do contrapiso						6				
Execução do contrapiso							7	8		
Taqueamento e execução do contrapiso da marquise							7	8		
Conserto do reboco da parede do banheiro					3					
SEQUÊNCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DATA (dia do mês de abril)	03	04	05	06	07	08	10	11	12	13

Legenda:

	SEQUÊNCIA SUGERIDA
	ORDEM "X" DA SEQUÊNCIA COINCIDINDO COM A SEQUÊNCIA SUGERIDA
	SEQUÊNCIA "X" REALIZADA

QUADRO 14: Diagrama de sequência realizado e previsto

O profissional 2 referiu-se à maneira como eram conduzidos os trabalhos pela empresa antes da implantação da célula. O mestre de obras permitia a ocorrência de inúmeras paradas por falta de material. Os serviços eram realizados em vários locais ao mesmo tempo, e os serventes procuravam burlar o controle, fazendo paradas desnecessárias e deixando de abastecer os pedreiros. Estas paradas aconteciam por falta de motivação dos serventes e de controle por parte do mestre de obras, pois é difícil controlar operários em várias frentes de trabalho sem se impor metas e prazos. Quando o encarregado estava presente os funcionários trabalhavam normalmente, mas quando este se dirigia a outra frente de trabalho, a produtividade diminuía. Com o trabalho em célula não faltou material e os operários puderam desenvolver as atividades de maneira contínua.

As paradas ocorreram em situações que fugiam ao controle da equipe. Apesar de interromperem a tarefa que estavam executando, iniciavam nova tarefa imediatamente, mantendo o fluxo contínuo e usando folgas existentes no conjunto de atividades relacionadas, porém com alguma perda no ritmo da atividade e conseqüentemente de produtividade. O Quadro 15 descreve as paradas e os motivos:

DESCRIÇÃO DA PARADA	DATA	MOTIVO DA PARADA
Parada na operação alvenaria de tijolos maciços	03/04	A furadeira utilizada para furar os pilares para chumbar os ferros de fixação da alvenaria quebrou.
Profissional 1 parou de rebocar os pilares	06/04	Fazer retrabalho para conserto de desvio de planeza encontrado no pilar P28.
Profissional 1 deixou de requadrar as janelas dos banheiros	07/04	O projeto original foi alterado e faltou o arquiteto definir o vão das janelas
Profissional 2 parou de rebocar duas paredes de dois banheiros	07/04	Faltou o encanador terminar a instalação hidro-sanitária.
Parada na execução do contrapiso	10/04	A equipe que produzia e transportava argamassa (os dois serventes) não conseguiu fornecer material continuamente, devido a isso, os profissionais fizeram 45 paradas durante a execução do contrapiso (em torno de 3 paradas de 5 minutos a cada hora).
Parada na execução do contrapiso	10/04	O eletricista deixou os eletrodutos acima do nível do piso. O profissional 1 entrou em contato com o escritório via telefone celular, e solicitou a presença do eletricista. Esta parada durou 19 minutos.
Parada na execução do contrapiso	11/04	Faltou cimento. A execução do contrapiso foi interrompida por uma hora e cinquenta e oito minutos.

QUADRO 15: Descrição das paradas

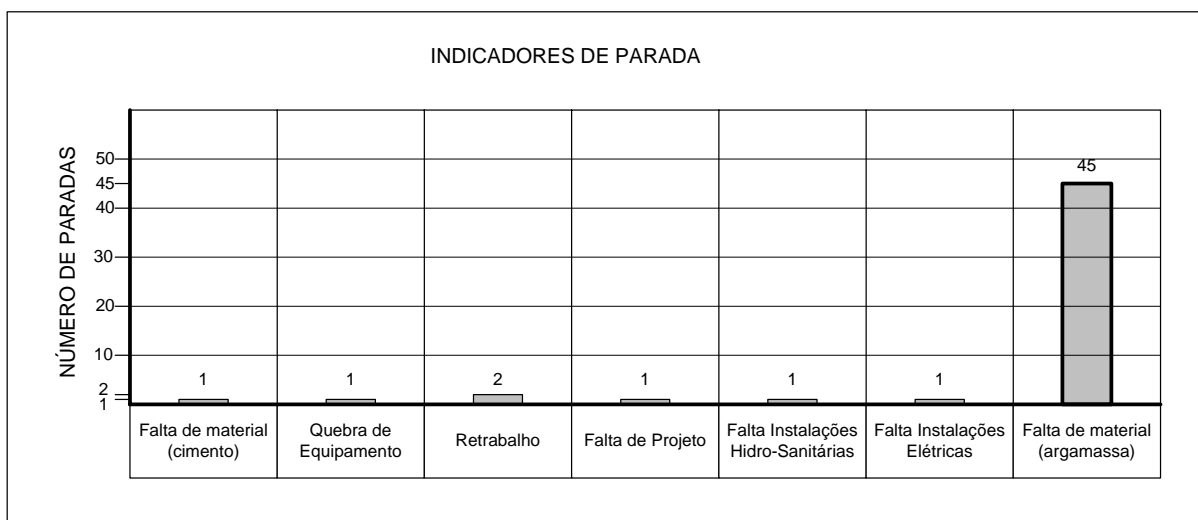


FIGURA 13: Gráfico dos indicadores de parada

O cliente dono da obra adquiria os materiais de vários fornecedores, motivo pelo qual aconteceu a falta de cimento que atrasou a execução do serviço de contrapiso. O cimento era solicitado de acordo com a necessidade, tanto pela célula quanto pelo restante da obra. O fornecedor contratado pelo proprietário da obra durante a duração do estudo de caso estava entregando materiais pela primeira vez e não se preocupou em entregar dentro do prazo solicitado.

As paradas por retrabalho foram de curta duração, demonstrando que a equipe procurou desempenhar as tarefas com rapidez e qualidade.

As paradas por falta de projeto dependiam do cliente e do arquiteto, mas poderiam ter sido antecipadas, portanto faltou planejamento para prever e providenciar os detalhes necessários.

As paradas por falta de instalações elétricas e hidro-sanitárias foram causadas por empresas contratadas pelo proprietário da obra. A equipe da célula procurou desde o início dos trabalhos fazer com que estas empresas executassem os serviços sob sua responsabilidade mas não foram atendidos.

As paradas provocadas pela falta de pessoal para produzir e transportar argamassa para o contrapiso foram responsáveis por uma atraso de aproximadamente 4,5 horas de dois profissionais, perfazendo um total de 9 homens-hora. Foi executada uma camada de enchimento com argamassa leve composta de cimento, areia e flocos de EPS para corrigir o

excesso de desnível da laje em alguns pontos do painel a ser enchido, operação que teve uma duração de 9,33 homens-hora

4.4 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

As entrevistas foram coletadas ao final do estudo exploratório e procuraram abranger itens de interesse para a pesquisa como a percepção dos operários quanto às vantagens da aplicação do conceito de célula de produção. O estagiário foi escolhido para responder ao questionário, por ter acompanhado o trabalho de observação direta no campo, onde conseguiu identificar causas da motivação e do bom desempenho da célula. No quadro 16 estão relatadas as respostas de cada um dos entrevistados.

QUESTÕES	SERVENTE1	SERVENTE 2	PROFISSIONAL 1	ESTAGIÁRIO
Como você viu o trabalho com célula de produção?	A vantagem foi no pagamento, aumentou o salário. Quando tem mais pessoas juntas acaba-se perdendo tempo, os outros se esquivam do serviço e sobra para quem trabalha mais.	O pagamento é em primeiro lugar. Rendeu mais porque trabalhavam todos juntos, unidos, nunca tem ninguém parado. Se fossem todas as pessoas trabalhar junto não renderia assim.	A vantagem é que o servente não se esconde, se não é assim perde o controle. O pagamento também ajudou bastante.	Além da agilidade, o pessoal trabalha com mais vontade, eles se sentiram mais importantes, mais valorizados. O fato de ninguém poder entrar no local, e pegar ferramentas ou equipamentos ajudou bastante.
Qual a causa do bom ou mau desempenho?	Foi bom porque todos trabalharam juntos, o serviço era continuado.	A ajuda do servente e pedreiro. A gente via que tinha que fazer e fazia. Estava tudo perto, então era mais fácil. No restante da obra não rendia tanto porque era tudo mais longe, os outros não ajudavam, eu fazia só a minha parte.	O material está sempre junto, equipamentos e réguas à vontade. Não faltou material. O servente 1 ajudou proporcionalmente a meio dia de um pedreiro.	O fato de os próprios funcionários programarem os serviços, eles próprios acharam o caminho para produzir mais.
Como foi a experiência de trabalhar em equipe? Você teve algum problema de relacionamento com o grupo?	É melhor trabalhar em equipe, eu me relacionei bem com o grupo.	Na equipe não teve problemas, todos se davam bem. Perguntavam para o pedreiro o que cada um tinha que fazer, e eles falavam o tipo de massa, por exemplo, quanta massa tinha que fazer até o meio dia.	Se forem pessoas que peguem junto, vai bem. Tem que ter todos o mesmo ritmo. O profissional 2 puxou para trás desde o segundo dia, ele falou que, se por exemplo, se produzisse 50 m ² de reboco num dia, depois da célula se fizesse menos iriam querer saber porquê. Usava desempenho liso que não rendia para matar tempo. Eu passei a conferir todo o serviço do profissional 2.	Não participei.

Como poderia ser melhorado o desempenho do serviço dentro da célula?	Não sei.	Não sei.	Na célula 2 o serviço rendeu 100 % a mais, porque os dois pedreiros trabalhavam igual. O pagamento deveria ser proporcional ao rendimento, ou então todos produzem igual.	Poderia ser melhorado a entrega de materiais, com fornecedores que não atrasem a entrega
Quais as dificuldades encontradas para executar os serviços e manter o prazo?	O profissional 2 puxou para trás a partir da metade e isso segurou os serviços.	Faltou cimento, o resto do material não faltou porque o profissional 1 avisou mais de uma vez para vir o material que ia faltar.	O profissional 2 atrapalhou bastante pela falta de colaboração. Com a quebra da furadeira eu perdi tempo porque tive que buscar mais formas, as que estavam no local eram só para usar naquele dia. A falta de servente para fazer a massa para o contrapiso e puxar atrasou. Eu tive que pegar um carrinho e transportar a massa. Faltou encanador e eletricista mas eles não atrapalharam muito.	Faltou réguas para fazer os requadramentos de quinas de reboco. O contrapiso precisou ter um enchimento com material leve que gastou muito tempo e atrasou a execução do contrapiso.
Você achou o ritmo de trabalho muito cansativo, trabalhou mais rápido para poder cumprir o prazo?	Para mim deu na mesma.	Alguns dias cansou mais do que o normal, não era sempre que apertava o serviço. Os pedreiros puxavam, e nós queríamos que melhorasse, mostrar para o patrão que nos esforçamos.	Para o meu ritmo foi normal. Os serventes se queixaram nos dias de contrapiso porque este serviço era muito cansativo.	Os empregados se esforçaram mais, fizeram o que podiam para executar o trabalho. Eles aproveitaram melhor o tempo, sem se cansar demais.
O fato de os colegas estarem todos próximos em locais onde ficavam visíveis facilitou o controle e execução do serviço?	É bom porque eu não esperava os profissionais mandarem, via que precisavam de alguma coisa ou ajuda e já fazia.	Facilitou porque nós éramos só em quatro, não podia reclamar. Sobrava tempo e a gente ajudava mais porque estava mais perto. Se trabalhar mais perto não perde tempo.	Facilitou muito, porque quando você não vê, os serventes param, quase todos param quando não tem um encarregado mandando. Tanto os pedreiros como os serventes não fazem o que poderiam fazer nem com programação (meta) se não tiver um encarregado bom fiscalizando. Eles sempre dão um jeito de enrolar. Quando tem um que trabalha direito, os outros ficam nas costas dele.	Facilitou porque o responsável conseguia controlar o andamento do serviço.

QUADRO 16: Entrevistas

O profissional 1 que foi escolhido líder pelo grupo, deu o seu depoimento sobre a sua experiência com a célula de produção:

“Eu trabalhei de maneira parecida quando trabalhava com o meu pai e o meu irmão, onde a gente se ajudava, a obra estava sempre organizada e a gente não tinha ninguém para fazer a limpeza, nós mesmos fazíamos. Se tem um que puxa pra trás, já não dá certo, prejudica toda a equipe.”

“O fato de ter os serventes na quantidade certa, ajuda muito nos serviços, eles te ajudam a produzir em torno de 30% a mais de serviço. A vantagem da célula é que eu não preciso tirar um servente de outro serviço pra me ajudar, ele está sempre disponível. É bom incentivar os serventes que tem vontade de aprender.”

“Se não tiver um que manda, desorganiza tudo. Eles sempre vão ter dúvida e vão perguntar para o chefe da equipe, então tem que ter alguém que assuma a responsabilidade pelo grupo e pelo serviço.”

O profissional 2 não foi entrevistado por ter se desligado da empresa antes de serem realizadas as entrevistas.

5 CONCLUSÕES

O estudo de caso aconteceu num período de 7 dias e meio e envolveu uma equipe treinada para aplicar conceitos da produção enxuta e de células de produção numa área escolhida com características que permitiram um arranjo celular.

O presente trabalho procurou, através de estudo de caso exploratório responder as questões de pesquisa relacionadas no capítulo 1 que serão esclarecidas adiante.

5.1 O PLANEJAMENTO PARA OBRAS DE PEQUENO PORTE

O planejamento de obras de pequeno porte utilizando o arranjo celular demanda um certo grau de complexidade na quantificação das durações das tarefas, necessária para viabilizar a programação da obra.

Outra dificuldade está em separar os pacotes de trabalho de tal maneira que não haja interferência com outras células. A proximidade e a visibilidade existentes no estudo de caso não estarão sempre presentes em todas as situações, mas supõe-se que em áreas pequenas, mesmo sem a visibilidade do estudo de caso, é possível se obter resultados semelhantes.

O planejamento da obra baseado na divisão em pacotes de trabalho divididos entre equipes facilita o controle, mas exige um grau de detalhamento elevado, a nível de planejamento de curto prazo.

O cálculo dos quantitativos e a previsão de conclusão de todas as etapas da obra precisa ser determinada com precisão no início dos trabalhos. O planejamento de longo prazo pode ser elaborado juntamente com as equipes de produção auxiliando na determinação dos prazos e metas a serem atingidas. O ideal é que os valores dos pacotes de trabalho, ou das tarefas de cada célula de produção sejam negociados e definidos antes da entrega do orçamento.

5.2 AS EQUIPES E OS ASPECTOS RELATIVOS À AUTONOMIA E POLIVALÊNCIA

Verificou-se um alto grau de autonomia na equipe no sentido de definir a melhor maneira de executar as atividades, propondo soluções criativas para reduzir o tempo de execução das tarefas determinadas. Chegou-se à conclusão que o trabalho em equipe proporcionou um clima positivo onde a colaboração entre os membros gerou responsabilidade e autonomia na execução das tarefas. Com um maior tempo de convivência esta habilidade pode ser melhorada.

A polivalência é possível entre classes de trabalhadores semelhantes, como entre os profissionais ou entre os serventes. Os profissionais precisam saber executar todas as tarefas a fim de se auxiliarem mutuamente. Os serventes não têm habilidade para executar as tarefas dos profissionais, mas é importante que sejam treinados em todos os procedimentos a fim de compreenderem o que, quando e de que maneira precisa ser feito. Entre os auxiliares é importante a colaboração, como foi observado no estudo de caso, onde os serventes dividiram as tarefas e auxiliavam ora um ora outro profissional.

A autonomia para parar o serviço e solicitar informações sobre eventuais dúvidas, quando surgirem questionamentos cujas respostas não estejam previstas nas informações fornecidas ao grupo de operadores da célula, precisa ser delegada aos executores ou a um líder escolhido pelo grupo que irá procurar a solução dos problemas junto ao departamento responsável, conforme se evidenciou com a comunicação entre a equipe e o escritório da empresa através de aparelho de telefonia móvel. Constatou-se que a utilização do aparelho de telefone celular permitiu que fossem providenciados imediatamente todos os requisitos solicitados pelo grupo, o que aconteceu por sete vezes, sempre em situações que não dependiam de planejamento, como a solicitação da presença dos eletricitas e encanadores, conserto da furadeira e falta de cimento.

A paradas na execução do contrapiso provocada pela equipe de eletricitas, devido a falhas na montagem dos eletrodutos, poderia ter sido evitada se houvesse comunicação direta entre as equipes, sem a intermediação do escritório. As paradas na execução do contrapiso devidas à falta de argamassa poderiam ser minizadas se houvesse a participação dos profissionais na produção e transporte do material. O profissional 1 auxiliou os serventes em alguns momentos, mas o profissional 2 não participou desta iniciativa, ficando parado á espera da entrega da argamassa.

A escolha da equipe é fundamental para o sucesso da implementação do arranjo celular conforme preconizado por Olorunniwo (2002). É preciso haver afinidade entre os membros da equipe. No estudo de caso ficou evidente que se um membro do grupo não trabalhar em sintonia com os colegas, pode prejudicar de maneira considerável o desempenho da equipe. Conforme observações durante o estudo de caso, particularmente em relação ao profissional 2, verificou-se que é preciso que os profissionais possuam um rendimento e motivação semelhantes a fim de evitar descontentamentos dos demais membros da equipe quanto a diferenças de produtividade para a mesma remuneração. O foco da célula de produção deve ser na execução de todo o pacote de trabalho, possibilitando a compensação pelos ganhos obtidos na execução do conjunto de tarefas e não na produção individual de cada membro do grupo.

5.3 A DELEGAÇÃO DAS DECISÕES AOS EXECUTORES

Com o arranjo celular testado neste estudo de caso provou-se que é possível conseguir a colaboração de todos os membros do grupo, estabelecendo uma política de compensações.

Durante o estudo de caso não foi preciso manter um encarregado fiscalizando o trabalho dos operários, os mesmos desempenharam a sua tarefa da melhor maneira possível.

Ocorreram muito poucas paradas, o trabalho foi contínuo, não se observou nenhum dos membros parado esperando alguém determinar o que deveria ser feito. Por outro lado, o controle por parte dos responsáveis e interessados foi possibilitado pela visibilidade e proximidade entre os operários e as tarefas.

5.4 CONSEQUÊNCIAS QUANTO A PRAZOS, CUSTOS E QUALIDADE

Os serviços foram inspecionados durante o desenvolvimento do estudo de caso e verificou-se que a qualidade foi obtida naturalmente, com os operadores da célula procurando realizar os trabalhos dentro dos padrões de qualidade exigidos pela empresa.

Verificou-se apenas duas não conformidades na execução das tarefas de reboco e requadramento de quinas, que foram prontamente corrigidas assim que a inspeção realizada pelos estagiários da empresa as detectou. O clima de equipe e de metas criou um sentimento de responsabilidade também com a qualidade dos serviços.

A meta foi atingida com dois dias e meio de antecedência, o que, apesar das dificuldades provocadas por um dos membros, permitiu um desempenho bastante acima dos padrões de duração estimados. Conseguiu-se com isto uma redução nos custos da ordem de 30%, além de manter os operários satisfeitos recebendo uma remuneração adicional como prêmio pela qualidade e rapidez na execução das tarefas.

O desempenho da célula do estudo de caso apresentou bons resultados que confirmam o sucesso do arranjo celular da indústria de manufatura, que já foram exaustivamente declarados por vários autores como Wemmerlov (1996), Schuring (1996), Chakravorty e Hales (2004), onde o desempenho de células em indústrias manufatureiras foi testado e comprovado como responsável por altos ganhos de produtividade. Dentre estes motivos destacam-se:

- A visibilidade e a proximidade das tarefas e dos operários que permitiu que os mesmos se comunicassem e interagissem entre si, discutindo a melhor maneira de conduzir os trabalhos;
- A completa informação sobre tudo o que deveria ser feito, com detalhes de projeto que esclareceram dúvidas dos operários. O treinamento foi importante para que os operadores tivessem as informações sobre como executar os serviços. O uso de aparelho celular permitiu a solução de problemas que não estavam previstos nos detalhes de projetos e de treinamento.
- A autonomia delegada aos operadores permitiu que eles pudessem usar a sua criatividade e iniciativa para propor soluções e caminhos ideais para o aumento da qualidade e da produtividade.
- A disponibilização de todos os materiais, equipamentos e ferramentas necessários para a execução das tarefas possibilitou a eliminação das paradas por espera.
- A responsabilidade gerada pela autonomia que motivou a equipe a alcançar os resultados almejados.

Existem operações que não agregam valor como transporte, limpeza, tempos de preparação e inspeções, que não estão consideradas no cálculo da produtividade utilizados no estudo tanto na comparação com índices utilizados pela empresa quanto nos índices da TCPO. Portanto, os ganhos de produtividade vão além do tempo de processamento e incluem os tempos de setup, limpeza e transporte, que normalmente não se considera na remuneração aos empreiteiros e funcionários.

Sentiu-se dificuldades em definir parâmetros de produtividade e chegou-se à conclusão de que é preferível se definir o valor dos pacotes de trabalho baseado em preços unitários de serviços como os definidos no estudo no quadro 8, que também podem servir de parâmetro para a elaboração dos orçamentos da empresa .

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constituição de células de produção insere-se como uma alternativa viável para pequenas empresas que podem dispor de uma ferramenta simples possível de ser implementada mesmo com estrutura organizacional reduzida. Dentro de um ambiente de célula é possível a execução e o controle das diversas tarefas sem a presença de um encarregado fiscalizando constantemente o trabalho dos operários.

Admite-se que a presença do mestre de obras pode, dependendo do tamanho da obra, ser dispensável, reduzindo custos e tornando a pequena empresa competitiva num mercado cada vez mais concorrido, onde as grandes empresas conseguem absorver os melhores profissionais pela estabilidade que proporcionam, ao contrário das pequenas, que precisam treinar os trabalhadores, mas que dependem do contrato de novas obras para conseguir mantê-los nos seus quadros.

O presente estudo revelou que grande parte das características de uma célula real preconizadas por Hyer e Brown (1999) são possíveis de serem encontradas em um ambiente de célula como o utilizado neste estudo de caso, conforme se observou nos itens 4.2.1.1 a 4.2.1.3. Os ganhos obtidos e as evidências de existência de uma célula de acordo com a metodologia acima descrita levam a crer que estes sejam devidos à implantação do leiaute celular.

Foram evidenciados vários princípios da produção enxuta, como *Just-In-Time*, antecipações, produção puxada, redução do tempo das operações, melhoria contínua, padronização, estabilidade dos processos e fluxo contínuo. Também observou-se que os processos se desenvolveram de maneira gradativa e numa seqüência determinada pelo grupo que permitiu que os trabalhadores fizessem poucas paradas, mantendo a continuidade da produção.

Ficou evidente no presente estudo, que os operários sabem como conduzir da melhor maneira os trabalhos, desde que treinados para executar da maneira correta e que é fundamental motivá-los para participar do planejamento e propor as melhorias necessárias. Todos estes objetivos podem ser alcançados com a constituição de células de produção.

5.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para comprovação das proposições deste trabalho e para o aprimoramento da implantação do arranjo celular a realizações de pesquisas que abordem os seguintes aspectos:

- A pesquisa sobre a interligação entre diversas células que compõem uma obra ;
- A programação de obras com a utilização de células como pacotes de serviços;
- Estudo sobre como motivar os operários para trabalhar em equipe dentro de um arranjo celular utilizando aspectos psicológicos para seleção e treinamento dos membros do grupo;
- Estudo sobre a implantação do leiaute celular empregando metodologia como a proposta por Chakravorty e Hales (2004) em que são abordadas decisões estratégicas, estruturais e operacionais.
- O treinamento utilizando material específico e adequado ao contexto das obras de construção civil que permita aos operários a perfeita compreensão do funcionamento do arranjo celular.

REFERÊNCIAS

AKKARI, A. M. P., **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MS-Project**. Porto Alegre, 2003. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, 2003.

AMARAL, T. G. **Metodologia de qualificação para trabalhadores da construção civil com base nos conhecimentos gerenciais da construção enxuta**. Florianópolis, 2004. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], v. 124, n. 1 p. 11-17, jan.-feb., 1998.

BARROSO, U. I. B.; TUBINO, D. F. **O layout celular na indústria moveleira de estofados**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 03-05 de nov. 2004, Florianópolis, SC.

CARDOSO, F. F. **Estratégias empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França**. Parte 1: O ambiente do setor e as estratégias empresariais. Estudos Econômicos da Construção, 1996, p. 97-156. São Paulo, SP.

CHAKRAVORTY, S. S.; HALES, D. N. Implications of cell design implementation: A case study and analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 152, 2004, p. 602-614.

CONTE, A. S. I. **Lean construction**: from theory to practice. In: Proceedings IGLC-10, Aug. 2002. Gramado, Brazil.

FERRAZ, J. L. M.; NASCIMENTO, K.; ROMANO, W. C. B. T.; SOUZA, D.; NETO, J. P. B.; HEINECK, L. F. Um modelo para o planejamento e controle de obras - a transição de um processo de racionalização tecnológica e administrativa para um ambiente de produção enxuta. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA NA CONSTRUÇÃO. 24 -28 de out. 2005, Porto Alegre, RS.

FERRARI FILHO, C. A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V.; KLIPPEL, M.; A perspectiva do enriquecimento mútuo entre o Sistema Toyota de Produção e os Sistemas Sócio-Técnicos: o desenvolvimento de práticas semi-autônomas em célula de manufatura com o uso de elementos

psicanalíticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 03-05 de nov. 2004, Florianópolis, SC.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M.M.S.; OLIVEIRA, L.F.M.; OLIVEIRA, K.A.Z. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 1999. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *just-in-time***. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

_____. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: **Produção e competitividade: aplicações e inovações**. Recife: Editora Almeida e Souza, Editora Universitária da UFPE, 2000.

GONZALES, E. F.; JUNGLES, A. E. O 5S como ferramenta de qualidade em células de produção em canteiros de obra. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA NA CONSTRUÇÃO. 16-19 de set. 2004, São Carlos, SP.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO, R. L. A geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo em obra. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2001. 04 - 06 de set. 2001, Fortaleza, CE.

_____. A constituição de células de produção em um ambiente de autonomia na execução de prédios na construção civil. Projeto de pesquisa para obtenção de bolsa individual de pesquisa. CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq. 2005.

HYER, N. L.; BROWN, K. A. The discipline of real cells. **Journal of Operations Management**, v. 17, 1999, p. 557-574.

_____.; _____.; ZIMMERMAN, S. A socio-technical systems approach to cell design: case study and analysis. **Journal of Operations Management**, v. 17, 1999, p. 179 - 203.

_____.; WEMMERLÖV, U. Cell Manufacturing: The hard part is to get the people in step with the program. **Mechanical Engineering Magazine**, March. 2004.

ISATTO, E L.; FORMOSO, C.T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report**, Stanford, n. 72, 1992.

LAUFFER, A.; TUCKER, R. L. **Is construction project planning really doing its job?** A critical examination of focus, role and process. London: Construction Management and Economics, 1987.

LEITE, M. O.; PINHO, I. B.; PEREIRA, P. E.; HEINECK, L. F. M.; ROCHA, F. E. M. Aplicação do sistema kanban no transporte de materiais na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 03-05 de nov. 2004, Florianópolis, SC.

LEMO, F. O.; ANZANELLO, M. J.; GUIMARÃES, L. B. M.; WELTER, A. F.; ABECH, M. P. Eliminação de perdas produtivas pela implantação de manufatura celular. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29 de out - 01 de nov. 2005, Porto Alegre, RS.

LIMA, A. C.; PINSETTA, W. J. M.; LIMA, P. C. Gestão da cadeia de suprimentos do hospital de clínicas da Unicamp, utilizando o conceito de célula de trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 29 de out - 01 de nov. 2005, Porto Alegre, RS.

MARCHESAN, P. R. C. **Modelo Integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis.** Porto Alegre, 2001. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, 2001.

MEREDITH, J. Building operations management theory through case and field research. **Journal of Operations Management**, v. 16, 1998, p. 441 - 454.

MIRANDA, C.M.G.; ALENCAR, L.H.; CAMPOS, C.A.O.; PONTES, L.A.C.; GHINATO, P. Um modelo para o sistema de construção enxuta a partir do Sistema Toyota de Produção; In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 21-24 de out. 2003, Ouro Preto, MG.

MOSER, L. **Diretrizes de implementação do conceito de célula de manufatura móvel para o ambiente da construção civil.** Curitiba, 2003. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFPR, 2003.

OBARA, S. **Teian**: o método Toyota de melhoria contínua. São Paulo: Lean Summit, 2004, 1 cd-rom.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção de larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLORUNNIWO, F.; UDO, G. The impact of management and employees on cellular manufacturing implementation. **International Journal of Production Economics**, v. 76, 2002, p. 27-38.

PANTALEÃO, L. H., ANTUNES JR., J.A.V. Avaliação da aprendizagem organizacional a respeito do Sistema Toyota de Produção/Lean Production System: uma proposição metodológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 21-24 de out. 2003, Ouro Preto, MG.

PASQUALINI, F. Mapeamento do fluxo de valor na construção: estudo de caso em uma construtora brasileira. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA NA CONSTRUÇÃO. 24 -28 de out. 2005, Porto Alegre, RS.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Aplicação do Lean Thinking ao fluxo de obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., São Paulo, 18-21 jul. 2004, São Paulo.

REIS, T.; PICCHI, F. A. Identificação de desperdícios através de ferramentas de Lean Thinking aplicadas a estudos de caso do fluxo de negócios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 18-21 jul. 2004, São Paulo.

ROCHA, F. E. M.; HEINECK, L. F. M.; RODRIGUES, I. T. P.; PEREIRA, P. E. **Logística e lógica na construção Lean**. Fortaleza: Fibra Construções Ltda, 2004.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção, São Paulo: The Lean Enterprise Institute, 2002.

SAN MARTIN, A. P. **Método de avaliação de tecnologias de edificação para a habitação de interesse social sob o ponto de vista da gestão dos processos de produção**. Porto Alegre, 1999. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, 1999.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E.; LANTELME, E. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 1996.

_____.; MOSER, L.; TOOKEY, J. E. Applying the concept of mobile cell manufacturing on the drywall process. In: PROCEEDINGS IGLC-10, Aug. 2002. Gramado, Brazil.

_____. **Application of production management flow principles in construction sites**. Salford, U. K., 1999. Doctoral thesis. University of Salford, 1999.

SANTOS, Débora de Góis, SAFFARO, F. A., BRESSIANI, L., HEINECK, L. F. M. Índices de produtividade: determinação de intervalos a partir de dados disponíveis na literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 16-19 set. 2003, São Carlos.

SCHURING, R. W. Operational autonomy explains the value of group work in both lean and reflective production. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, 1996, p.171-182.

SHAFER, S. M.; TEPPER, B. J.; MEREDITH, J. R.; MARSH, R. Comparing the effects of cellular and functional manufacturing on employees' perceptions and attitudes. **Journal of Operations Management**, v. 12, 1995, p. 63-74.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e aperfeiçoamento do PCP em empresas construtoras**. Porto Alegre, 2003. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

SOUZA, D. P.; BASTOS, M. R.; BARROS NETO, J. P.; MOURA, R. S. M.; PEREIRA, P. E.; HEINECK, L. F. Uma metodologia de implantação do Sistema Toyota de Produção em uma empresa de construção de edifícios a partir do suporte tecnológico do programa de inovação da construção civil do Ceará (INOVACON-CE). In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA NA CONSTRUÇÃO. 24 -28 de out. 2005, Porto Alegre, RS.

SOUZA E SILVA, M. F.; BRESSIANI, L.; SAFFARO, F. A.; SANTOS, D. G.; HEINECK, L. F. M.. Sistema de produção puxado e sistema de produção empurrado: simulação através de jogo didático de montagem de canetas, associando idéias e conceitos ao ambiente da construção civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 16 -19 set. 2003, São Carlos.

TCPO12 - Tabela de composição de preços e orçamentos. São Paulo: Pini, 2003.

TAVARES, C. B. P.; HEINECK, L. F. M.; LEITE, M. O.; PEREIRA, P. E.; ROCHA, F. E. M. A constituição de células de trabalho na programação de obras em edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 18-21 jul. 2004, São Paulo.

TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G. Lookahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2., 1997, São Paulo. Proceedings... São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, 1997.

VARGAS, N. Depois da qualidade, o custo. Revista Construção Região Sul, n. 386, p. 56-57, dez. 2000.


WEMMERLOV, U. **Planejamento e controle da produção para sistemas de manufatura celular**. São Paulo: IMAM, 1996.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas - Elimine o desperdício e crie riquezas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXOS

ANEXO A: Procedimento para execução de contrapiso de argamassa

	EXECUÇÃO DE CONTRAPISO DE ARGAMASSA	CÓDIGO:	IT 09 05
		REVISÃO:	02
		PÁGINA:	Página 1 de 1
		DATA:	22/10/04
AUTORIZAÇÃO: FLÁVIO PATTUSSI		RUBRICA:	

1) ABRANGÊNCIA: Engenheiro civil, estagiário, mestre, encarregado, pedreiro, carpinteiro, armador e azulejista.

2) EXECUÇÃO

- Retirar os entulhos, restos de argamassa ou outros materiais aderidos à base. Varrer, retirando o pó e outras partículas soltas. Transferir o nível do contrapiso do ponto mais alto ou desdobrar, a critério do engenheiro, para cada cômodo, a partir do ponto de origem utilizando mangueira de nível ou nível a “laser”. Deixar caimento no piso dos banheiros e área de serviço em direção ao ralo do piso. Marcar os pontos onde serão assentados os tacos, umedecendo a base previamente.
- Assentar os tacos com espaçamento de no máximo 1,5m no sentido perpendicular ao sarrafeamento. A distância entre as linha de tacos no sentido do sarrafeamento dependerá do comprimento da régua, que poderá ser de 1,50m para uma régua de 2,50m e 4,0m para uma régua de 5,0m, ou se for mais curta, deixar a distância entre tacos com um metro a menos do que o comprimento total da régua. Conferir e esperar secar por um dia. Após, colocar duas cantoneiras de ferro sobre os tacos no sentido transversal ao sarrafeamento, encher o contrapiso com argamassa de cimento:areia traço 1:4 ou 1:6, dependendo do tipo de revestimento, a critério do engenheiro civil; executar o sarrafeamento com uma régua de alumínio ou de metal apoiada sobre as cantoneiras de ferro. Após sarrafear, retirar as cantoneiras de ferro e preencher com argamassa, esperar o ponto e desempenar o contrapiso, se for necessário. Se for para colocação de cerâmica, não é necessário desempenar.

3) RECURSOS

Materiais	Equipamentos	EPI
Areia Cimento Água	Enxada Pá Colher de pedreiro Mangueira de nível Régua de alumínio com 3,00 m de comprimento (1”x 2”) Régua de alumínio ou ferro com 5,0m de comprimento (1½” x 3”) Cantoneira de ferro 1”x1” com 3,00 m de comprimento Trena (metro) Carrinho de mão Broxa Desempenadeira de madeira ou plástico	Bota de borracha Capacete Uniforme Luva de raspa Luva de látex Óculos de proteção (limpeza)

4) QUADRO DE ALTERAÇÕES

ITEM	RESUMO DAS ALTERAÇÕES
2) EXECUÇÃO	Alterado o espaçamento entre os tacos no sentido do sarrafeamento e a utilização de dois comprimentos de régua para sarrafear.
3) RECURSOS	Acrescentado régua de alumínio ou metal com 5,0m de comprimento e seção de 1½” x 3”

ANEXO B: Fotos da célula concluída



FOTO 20: Vista central da célula concluída



FOTO 21: Vista lateral da célula concluída



FOTO 22: Contraste da célula pronta e área sem acabamento

PRINCÍPIOS DO PENSAMENTO ENXUTO

- Estabilizar o fluxo de material e informação (balanceamento);
- Melhorar os processos construtivos, melhoria contínua (kaizen);
- Auto-regulação do fluxo (autonomação);
- Produzir o necessário e quando necessário (just-in-time);
- Parar a produção assim que detectar algum problema - comunicar (poka-yoke);
- Não propagação de erros;
- Atuar na fonte dos erros - causa;
- Redução da duração das atividades que não agregam valor (perdas por transporte e espera);
- Produção em lotes pequenos.

ANEXO D: Cartaz Utilizado para o Treinamento em Produção Enxuta

PENSAMENTO ENXUTO

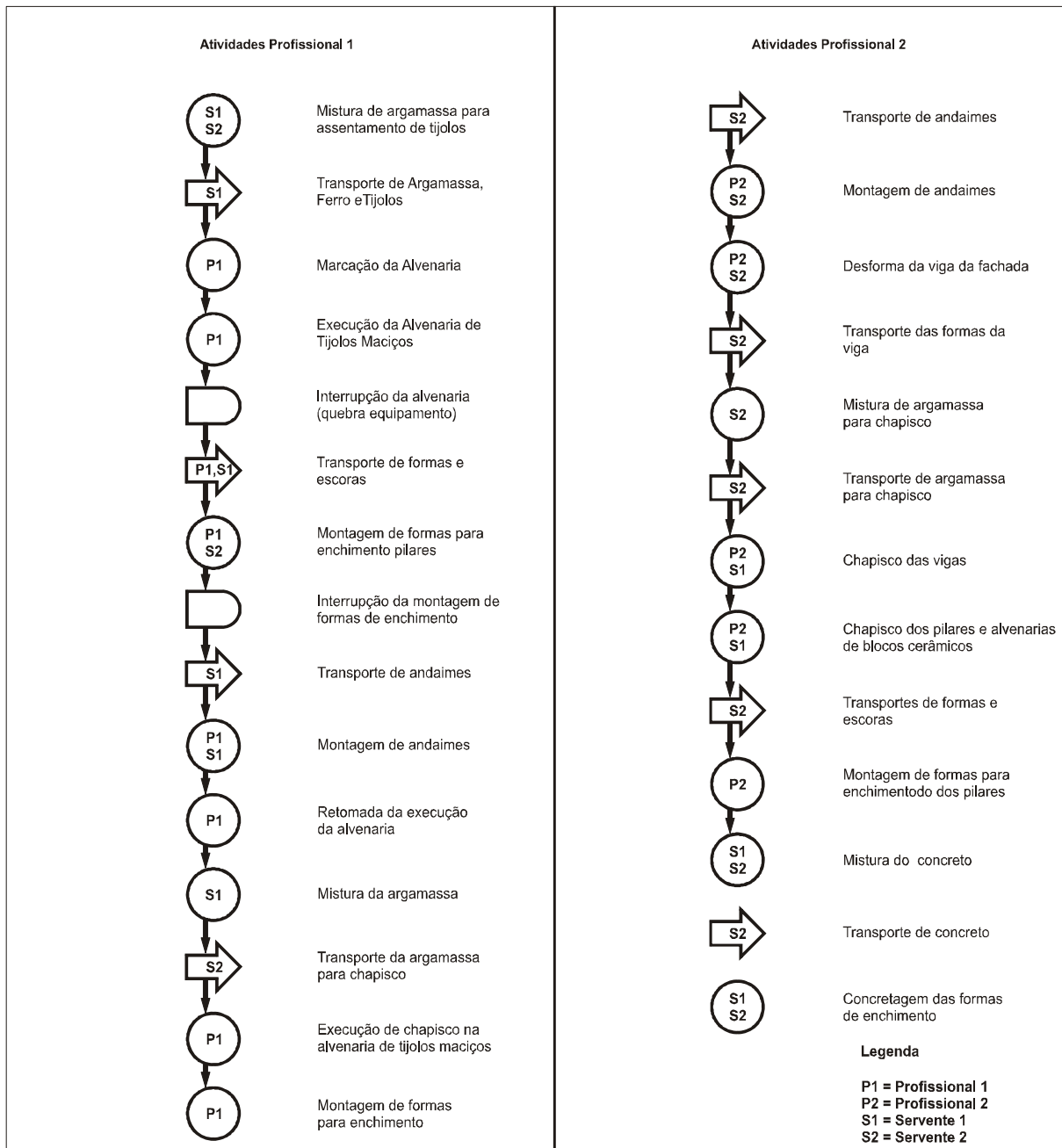
É UMA FORMA DE ESPECIFICAR VALOR, ALINHAR NA MELHOR SEQUÊNCIA AS AÇÕES QUE CRIAM VALOR, REALIZAR ESTAS ATIVIDADES SEM INTERRUPÇÃO TODA A VEZ QUE ALGUÉM AS SOLICITA E REALIZÁ-LAS DE FORMA CADA VEZ MAIS EFICAZ.

É FAZER CADA VEZ MAIS COM CADA VEZ MENOS.

CÉLULA DE PRODUÇÃO

- Objetiva realizar um conjunto de atividades onde a matéria-prima é processada durante a fabricação realizada dentro da célula e o produto é entregue completo ao cliente no final do processamento;
- Fundamental o trabalho em equipe. Os trabalhadores trabalham próximos, dentro de uma seqüência e ritmo ideal a fim de evitar perdas por retrabalho e espera;
- Os trabalhadores devem ter senso de responsabilidade para executar o trabalho da melhor maneira possível;
- Os operários devem ter autonomia para realizar as mudanças necessárias para agilizar a produção.

ANEXO F: Diagrama de fluxo de processos realizados no 1º dia



ANEXO G: Diagrama de fluxo de processos realizados no 2º dia

